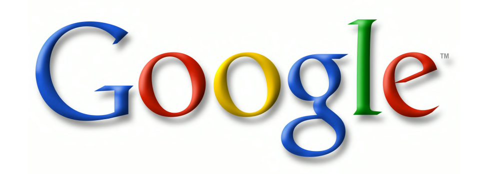


This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

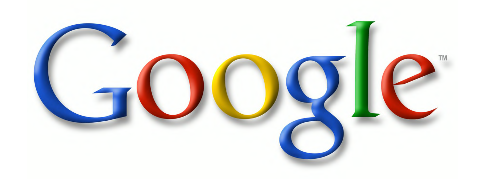
Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.
+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.
+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`



A propos de ce livre

Ceci est une copie numérique d'un ouvrage conservé depuis des générations dans les rayonnages d'une bibliothèque avant d'être numérisé avec précaution par Google dans le cadre d'un projet visant à permettre aux internautes de découvrir l'ensemble du patrimoine littéraire mondial en ligne.

Ce livre étant relativement ancien, il n'est plus protégé par la loi sur les droits d'auteur et appartient à présent au domaine public. L'expression "appartenir au domaine public" signifie que le livre en question n'a jamais été soumis aux droits d'auteur ou que ses droits légaux sont arrivés à expiration. Les conditions requises pour qu'un livre tombe dans le domaine public peuvent varier d'un pays à l'autre. Les livres libres de droit sont autant de liens avec le passé. Ils sont les témoins de la richesse de notre histoire, de notre patrimoine culturel et de la connaissance humaine et sont trop souvent difficilement accessibles au public.

Les notes de bas de page et autres annotations en marge du texte présentes dans le volume original sont reprises dans ce fichier, comme un souvenir du long chemin parcouru par l'ouvrage depuis la maison d'édition en passant par la bibliothèque pour finalement se retrouver entre vos mains.

Consignes d'utilisation

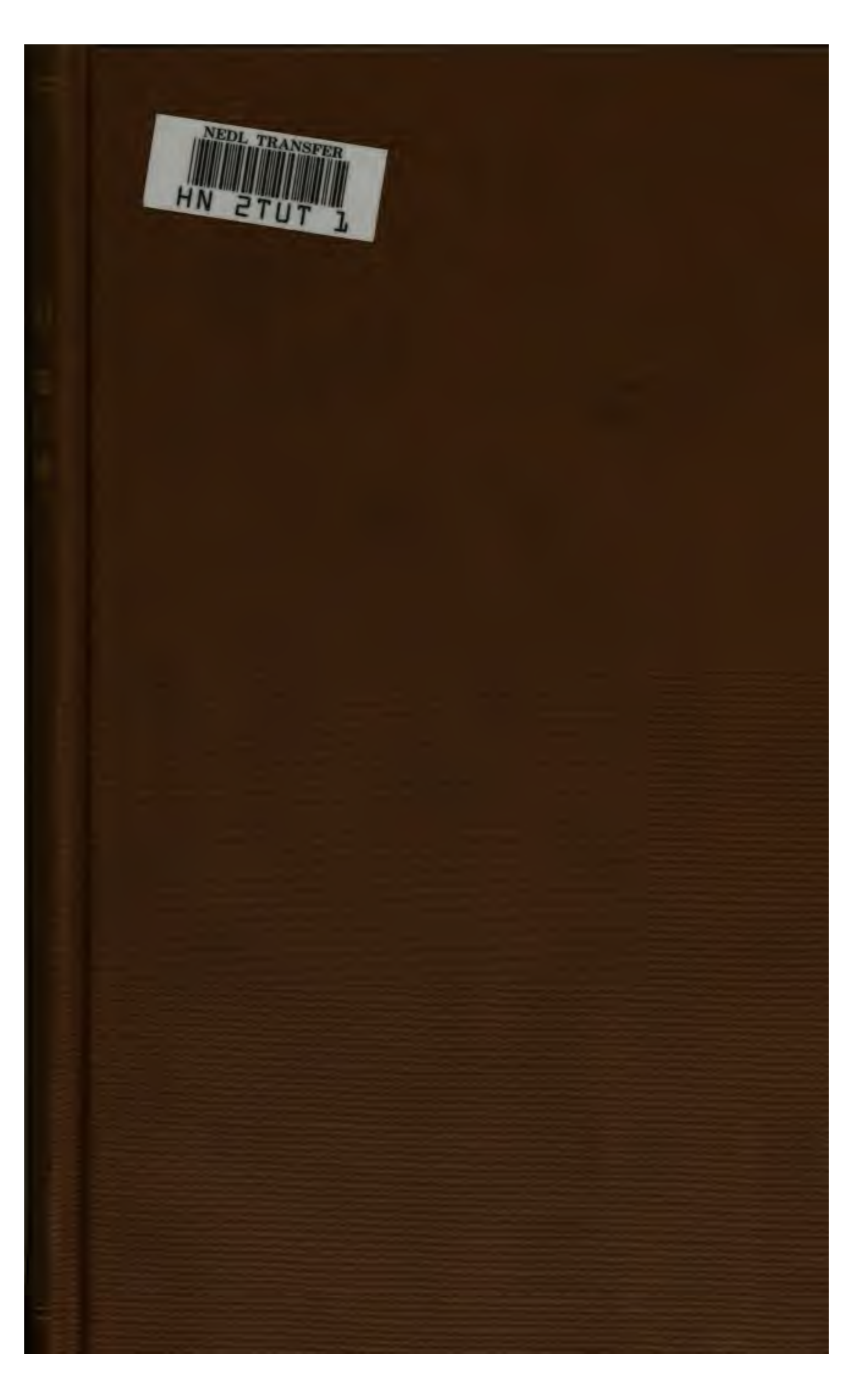
Google est fier de travailler en partenariat avec des bibliothèques à la numérisation des ouvrages appartenant au domaine public et de les rendre ainsi accessibles à tous. Ces livres sont en effet la propriété de tous et de toutes et nous sommes tout simplement les gardiens de ce patrimoine. Il s'agit toutefois d'un projet coûteux. Par conséquent et en vue de poursuivre la diffusion de ces ressources inépuisables, nous avons pris les dispositions nécessaires afin de prévenir les éventuels abus auxquels pourraient se livrer des sites marchands tiers, notamment en instaurant des contraintes techniques relatives aux requêtes automatisées.

Nous vous demandons également de:

+ *Ne pas utiliser les fichiers à des fins commerciales* Nous avons conçu le programme Google Recherche de Livres à l'usage des particuliers. Nous vous demandons donc d'utiliser uniquement ces fichiers à des fins personnelles. Ils ne sauraient en effet être employés dans un quelconque but commercial.
+ *Ne pas procéder à des requêtes automatisées* N'envoyez aucune requête automatisée quelle qu'elle soit au système Google. Si vous effectuez des recherches concernant les logiciels de traduction, la reconnaissance optique de caractères ou tout autre domaine nécessitant de disposer d'importantes quantités de texte, n'hésitez pas à nous contacter. Nous encourageons pour la réalisation de ce type de travaux l'utilisation des ouvrages et documents appartenant au domaine public et serions heureux de vous être utile.
+ *Ne pas supprimer l'attribution* Le filigrane Google contenu dans chaque fichier est indispensable pour informer les internautes de notre projet et leur permettre d'accéder à davantage de documents par l'intermédiaire du Programme Google Recherche de Livres. Ne le supprimez en aucun cas.
+ *Rester dans la légalité* Quelle que soit l'utilisation que vous comptez faire des fichiers, n'oubliez pas qu'il est de votre responsabilité de veiller à respecter la loi. Si un ouvrage appartient au domaine public américain, n'en déduisez pas pour autant qu'il en va de même dans les autres pays. La durée légale des droits d'auteur d'un livre varie d'un pays à l'autre. Nous ne sommes donc pas en mesure de répertorier les ouvrages dont l'utilisation est autorisée et ceux dont elle ne l'est pas. Ne croyez pas que le simple fait d'afficher un livre sur Google Recherche de Livres signifie que celui-ci peut être utilisé de quelque façon que ce soit dans le monde entier. La condamnation à laquelle vous vous exposeriez en cas de violation des droits d'auteur peut être sévère.

À propos du service Google Recherche de Livres

En favorisant la recherche et l'accès à un nombre croissant de livres disponibles dans de nombreuses langues, dont le français, Google souhaite contribuer à promouvoir la diversité culturelle grâce à Google Recherche de Livres. En effet, le Programme Google Recherche de Livres permet aux internautes de découvrir le patrimoine littéraire mondial, tout en aidant les auteurs et les éditeurs à élargir leur public. Vous pouvez effectuer des recherches en ligne dans le texte intégral de cet ouvrage à l'adresse `http://books.google.com`


NEDL TRANSFER
HN 2TUT 1

195.10
F73

ACADEMIÆ HARVARDIANÆ SIGILLUM
VE RI TAS
1638.

FROM THE
DONATION FUND
OF
MDCCCXLII.

Rec^d. Mar. 18,
1847.

37-187
10

RECHERCHES

SUR

LA VÉGÉTATION

APPLIQUÉES A L'AGRICULTURE.

Ouvrages qui se trouvent à la même Librairie

HISTOIRE UNIVERSELLE

PAR MM.

DUMONT, BURETTE, GAILLARDIN,
Professeurs d'histoire à l'Académie de Paris,

ET MAGIN,
Recteur de l'Académie de Nancy.

12 vol. grand in-18, à 2 fr. 50

DIVISION :

HISTOIRE ANCIENNE, 3 volumes.
HISTOIRE ROMAINE, 3 volumes.
HISTOIRE DU MOYEN AGE, 3 volumes.
HISTOIRE MODERNE, 2 volumes.
HISTOIRE DE FRANCE, 2 volumes.

Chaque partie se vend séparément.

Ouvrages de M. BOUCHARDAT.

COURS DES SCIENCES PHYSIQUES à l'usage des élèves de philosophie, rédigé d'après les questions du programme du baccalauréat ès-lettres, du 14 juillet 1840. 1 vol. in-18, avec fig. 14 fr.

DIVISION.

Physique. 1 vol. grand in-18, avec 106 figures intercalées dans le texte. 1845. Deuxième édition. 3 fr 50 c.

Chimie. 1 vol. grand in-18 de 600 pages, avec 60 figures gravées sur bois et intercalées dans le texte. 1845. Deuxième édition. 3 fr. 50 c.

Histoire Naturelle, contenant la Zoologie, la Botanique, la Minéralogie et la Géologie. 1844. 2 vol. grand in-18 de 700 pages, avec 300 fig. 7 fr.

NOUVEAU FORMULAIRE MAGISTRAL (avec les poids nouveaux), précédé d'une notice sur les hôpitaux de Paris, de généralités sur l'art de formuler; suivi d'un mémorial thérapeutique, de Notions sur l'emploi des contre-poisons, sur les secours à donner aux noyés et aux asphyxiés. 1845. 1 vol. in-18. Troisième édition. 3 fr. 50 c.

ANNUAIRE DE THÉRAPEUTIQUE, de Matière médicale de Pharmacie, pour les années 1841, 1842, 1843, 1844, 1845, 1846 et Supplément. 7 vol. grand in-32. Prix de chaque volume. 1 fr. 25 c.

ÉTUDES sur les principaux cépages de la Bourgogne. — Observations hygiéniques sur les vins, suivies de considérations sur le commerce de vin dans la ville de Paris, in-8°. 1 fr.

MATIÈRE MÉDICALE et Thérapeutique comparée. Deuxième édition. 1846. Un vol. grand in-18 de 900 pages. 7 fr.

RECHERCHES

SUR LA

VÉGÉTATION

APPLIQUÉES A L'AGRICULTURE

CONTENANT :

Un Mémoire sur la théorie des boutures; trois Mémoires sur l'action des sels ammoniacaux et autres sur la végétation des plantes usuelles ; un Mémoire sur l'action des poisons et substances diverses, sur les plantes et sur les poissons ; un Mémoire sur l'influence du sol sur l'action des poisons sur les plantes ; des expériences sur le développement des plantes dont les racines plongent dans l'eau ; suivies de considérations sur l'influence des terrains submergés sur la végétation ; des expériences sur cette question : « Les plantes placées dans une dissolution contenant plusieurs substances absorbent-elles préférablement certaines substances à d'autres ? » un Mémoire sur les engrais ; une Note sur l'emploi des matières à à vidange dans l'agriculture ; un Mémoire sur la maladie des pommes de terre ;

PAR M. BOUCHARDAT

Pharmacien en chef de l'Hôtel-Dieu.



PARIS

CHAMEROT, LIBRAIRE-ÉDITEUR, 13, rue du Jardinet.

LIBRAIRIE AGRICOLE DE DUSACQ, 26, rue Jacob.

1846

46. 11.13
V 7791
Agr 195.10
HARVARD COLLEGE LIBRARY
Rec'd ... 10, 1847
2 fr

Imprimerie Ducessois, 55, quai des Augustins.

MÉMOIRE

SUR

LA THÉORIE DES BOUTURES.

Poursuivant depuis plusieurs années des expériences sur l'action comparée des poisons et substances diverses sur les êtres de l'échelle organique, j'ai voulu en particulier lever les incertitudes qui peuvent encore rester sur l'action de plusieurs substances toxiques sur les végétaux. En revoyant les travaux entrepris sur cet objet, je me suis aperçu que plusieurs observations pêchaient, ou parce qu'elles avaient été faites sur des végétaux vivant dans de la terre ou du terreau qui retenait tout ou une partie du poison, ou bien avec des branches ou des végétaux pourvus de racines, plongées dans l'eau, qui périssaient ainsi dans un temps variable et très court. J'ai dû rechercher les plantes qui pouvaient vivre naturellement dans l'eau un temps indéfini; j'ai été ainsi conduit à recueillir des observations sur les lois qui président à l'évolution des racines adventives, à étudier les organes qui prennent dans ces conditions un développement insolite, et à éclairer ainsi la théorie des boutures.

Ce mémoire comprendra deux parties distinctes : la première purement expérimentale et la seconde d'observation.

PARTIE EXPÉRIMENTALE.

Je vais successivement examiner les influences qui peuvent favoriser ou nuire au développement des racines sur les tiges plongées dans l'eau.

Nous verrons plus loin que non seulement les différentes plantes, mais encore des fragmens de tiges des mêmes espèces placées dans les mêmes conditions, peuvent produire des racines dans des limites de temps variables; aussi, lorsqu'il s'est agi d'apprécier l'influence de divers agens, j'ai toujours choisi des échantillons aussi semblables que possible du même végétal, et j'ai fait marcher ensemble un assez grand nombre d'expériences pour obtenir une moyenne s'approchant de la vérité.

§ I. *De l'influence de la lumière sur l'évolution des racines.*

Plusieurs auteurs ont avancé que les racines se développaient plus rapidement à l'obscurité que lorsqu'elles étaient exposées à la lumière. Voici ce que l'expérience nous a appris à cet égard :

Des tiges feuillées de *mentha sylvestris* d'une égale grosseur furent placées dans 20 flacons, remplis chacun avec 200 grammes d'eau de Seine filtrée : chaque flacon ne contenait qu'une tige adaptée au moyen d'un bouchon foré.

Dix flacons furent exposés à la lumière solaire. Dix autres furent renfermés dans une boîte bien obscure, percée de trous à sa partie supérieure pour laisser passer les parties feuillées.

Après deux jours, sur une des plantes exposées au soleil, il commença à apparaître des racines adventives; on n'en remarqua qu'après trois jours sur une des plantes renfermées dans la boîte obscure. Après huit jours, toutes les tiges étaient gar-

nies de racines adventives, développées symétriquement à la partie supérieure de l'articulation. En prenant la moyenne des chiffres représentant la durée d'évolution dans les deux conditions, j'arrive au nombre 4 jours 1|2 pour les plantes dont les racines étaient exposées au soleil, et 5 1|4 pour celles qui étaient restées dans l'obscurité.

Il semblerait résulter de cette expérience que la lumière tendrait à favoriser l'évolution des racines, mais je n'ai pas tardé à m'apercevoir que ce résultat était complexe et que la chaleur du soleil avait une influence plus réelle que la lumière, car en exécutant l'expérience à une température uniforme, les résultats sont concordans; et d'après ces faits, je suis porté à admettre que l'influence de la lumière est nulle sur le *développement* des racines. (Il est bien entendu qu'il ne s'agit point ici de l'influence de la lumière sur la *direction* des racines : je n'ai fait aucune expérience pour étudier cet effet.)

§ II. *Influence de la chaleur*.

Si l'influence de la lumière sur le développement des racines est nulle, il n'en est pas de même de la chaleur : son action est des plus évidentes.

J'ai placé des tiges du *mentha aquatica*, feuillées et en bon état dans des flacons contenant de l'eau de Seine filtrée. Ces flacons étaient contenus dans un vase renfermant de l'eau continuellement refroidie à zéro par de la glace fondante; après quinze jours d'expérience, il ne s'était développé aucune racine, tandis que des tiges placées dans les mêmes conditions, à une température variant entre 10° à 12°, avaient donné des racines bien développées dans le même espace de temps.

D'une autre part, des tiges de la même plante placées dans des flacons dont la température va-

riait entre 25 et 30 degrés fournirent des racines après deux jours.

Voyant l'heureuse influence de la chaleur pour favoriser l'évolution des racines, j'ai exposé les flacons à une température variée entre 30 et 60 degrés. Après deux jours d'exposition, mes plantes étaient toutes mortes sans produire de racines. Je suis convaincu que plusieurs plantes périssent à une température bien inférieure à ce maximum. Ce sont de nouvelles expériences à instituer et qui seraient surtout intéressantes en choisissant des végétaux appartenant à des familles très différentes.

Il résulte de ces expériences que la température la plus convenable pour favoriser l'évolution des racines adventives peut être évaluée entre 15 et 30 degrés.

Cette heureuse influence d'une température de 15 à 30 degrés sur l'évolution des racines est contraire à plusieurs faits pratiques. En effet, un grand nombre de végétaux se multiplient d'autant mieux par les boutures que les tiges sont placées dans un sol humide pendant la saison où la température moyenne est assez basse : cette apparente contradiction dépend de deux causes : 1° plus la température est élevée, plus la putréfaction est rapide; quoique l'évolution des racines soit plus prompte lorsque la température est élevée, cependant, pour les plantes tardives la putréfaction devance l'évolution des racines ; 2° pendant la saison froide, on conserve plus facilement une terre meuble constamment humide, et c'est la première condition pour la multiplication des végétaux par bouture.

§ 3. *Influence du chlore, de l'iode, de l'acide nitrique, etc.*

Il est plusieurs substances qui ont été indiquées comme favorisant la germination ; il était intéres-

sant de s'assurer si elles avaient de l'influence sur l'évolution des racines adventives : il pourrait ressortir de ces recherches des résultats utiles pour multiplier par ce mode les végétaux rares ou précieux.

Le chlore devait être essayé en première ligne : des tiges du *poterium sanguisorba* furent placées dans des flacons de 200 grammes, pleins de l'eau contenant son volume de chlore ; le lendemain, les feuilles étaient fanées, et les plantes empoisonnées ne poussèrent aucune racine. Des expériences successives me démontrèrent que pour ne plus observer d'effet fâcheux, il fallait arriver à 1|50 de volume, et à ce point de dilution l'effet favorable m'a paru équivoque. Des nombres réunis de dix expériences entreprises dans ces conditions et dix faites dans de l'eau de Seine, me donnèrent à peu près 8 jours 1|2 pour le temps d'évolution des racines.

L'iode de même que le chlore exerce sur les plantes une action vénéneuse quand il est en dissolution dans l'eau, quoique ce véhicule en retienne très peu. De l'eau saturée d'iode *à la température de zéro*, qui contenait, d'après des expériences que j'ai faites en commun avec M. de Balascheff, 0,00011 d'iode, empoisonne les plantes ; les feuilles noircissent et tombent, il ne se développe pas de racines. Cette même solution étendue de cinq fois son poids d'eau, n'a pas nui à l'évolution des racines ; elle s'est, au contraire, opérée en 7 jours 1|4, environ 3|4 de jour plus rapidement que la normale.

Voici les résultats d'une série d'expériences entreprises simultanément sur l'influence de divers agens sur l'évolution des racines aux tiges du *mentha sylvestris*. Chaque flacon contenait une tige plongée dans 200 grammes d'eau. Les expériences furent commencées le 29 juillet.

Potasse caustique, 0 gr., 50 ; le 3 août la plante est morte sans avoir donné de racines.

Potasse caustique, 0 gr., 25; a un peu souffert, les racines se sont développées le 8 août.

Potasse caustique, 0 gr., 125; a un peu souffert, les racines se sont développées le 7 août.

Potasse caustique, 0 gr., 062; a un peu souffert, les racines se sont développées le 7 août.

Acide sulfurique, 0 gr., 50 ; le 2 août la plante est morte.

Acide sulfurique, 0 gr., 062 ; a un peu souffert, racines développées le 10.

Acide acétique, 0 gr., 50 ; le 2 août la plante est morte sans avoir donné de racines.

Acide acétique, 0 gr., 062 ; la plante a souffert, les racines se sont développées le 8.

Acide nitrique, 0 gr., 5 ; morte le 2.

Acide nitrique, 0 gr., 125; les racines se sont développées le 4.

Ammoniaque liquide, 0 gr., 5; morte le 30 sans avoir fourni de racines.

Ammoniaque liquide, 0 gr., 125; morte le 3 août sans avoir fourni de racines.

Eau pure ; les racines se sont développées le 6.

Il résulte des expériences rapportées ci-dessus, que les acides comme les alcalis, à la dilution de 1\|400, s'opposent aux développemens des racines en agissant comme poison. — A 1\|800 les plantes languissent, mais les racines se développent, excepté pour l'ammoniaque et l'acide nitrique. — A 1\|1600 l'ammoniaque agit encore comme poison. Parmi tous ces agens essayés ci-dessus, un seul a paru avoir une action favorable sur l'évolution des racines, c'est l'acide nitrique à 1\|1600.

Plusieurs autres expériences entreprises sur des solutions salines m'ont démontré que toutes les dissolutions de sels qui se rencontrent ordinairement dans les eaux courantes, s'opposent en raison de leur quantité au développement des racines, et

que l'eau est d'autant plus convenable qu'elle approche davantage de son état de pureté.

§ IV. *Conditions d'évolution des racines dépendant de l'état de la tige.*

Les différentes parties d'une même tige placées dans les mêmes conditions, ne fournissent point des racines dans des temps égaux, il existe, à cet égard, de notables et constantes différences que l'expérience m'a démontrées.

Des tiges du *mentha sylvestris* furent séparées en deux parties, toutes les deux garnies de feuilles. La partie supérieure de la tige portait des fleurs qui n'étaient point encore complètement développées. La moyenne de vingt expériences nous donna quatre jours pour l'évolution des racines à la partie inférieure des tiges, et 7 1|2 pour l'évolution de la partie supérieure.

Plusieurs expériences semblent me démontrer que les racines ne se développent pas également bien sur les tiges à différentes époques de l'année. Ainsi, des branches du *populus nigra* plongées dans l'eau le 8 mai, fournirent toutes des racines le 11 juin. D'une autre part, des mêmes tiges coupées sur l'arbre le 26 août, ne m'avaient pas encore fourni de racines au mois de novembre, et la plupart étaient mortes pendant cet intervalle.

Les branches des plantes annuelles, après la fleuraison complète, ne fournissent le plus souvent aucun développement de racines.

Pour les plantes arborescentes on comprend très bien que par suite de l'évolution complète des feuilles, les tiges peuvent être dépouillées de matériaux nutritifs, et qu'elles ne puissent plus fournir à l'évolution des racines.

§ V. *Temps variable d'évolution des racines suivant la nature des plantes.*

J'ai déjà énoncé précédemment que les mêmes plantes fournissaient des racines dans des temps à très peu de chose près égaux, quand elles étaient placées dans les mêmes conditions ; mais les différens végétaux, lorsqu'il n'existe aucun bourrelet accidentel sur la tige, fournissent des racines dans un temps très différent. Ainsi, il se développera des racines sur la tige de telle plante après deux jours, tandis que pour une autre il faudra près d'une année pour voir se développer ce même organe, quoique les conditions soient les mêmes.

Parmi les nombreuses expériences que j'ai entreprises dans cette direction, je vais en citer quelques unes qui sont contrôlées par des essais contradictoires.

Les expériences que je rapporte ont été toutes commencées le 1er juin 1838, plusieurs ont été répétées en 1839 et 1840.

Mentha aquatica.	2 jours.
— sylvestris	6 —
— piperita.	9 —
Melissa officinalis	14 —
Poterium sanguisorba.	9 —
Rumex patientia.	11 —
— alpinus.	31 —
Hypericum perforatum..	22 —
Solanum dulcamara	12 —
— tuberosum.	14 —

Ces deux tiges périssent le plus souvent avant l'évolution des racines.

Polygonum tinctorium	6 —
— orientale	10 —
— persicaria	8 —
— hydropiper	7 —

Polygonum lapathifolium.	12	—
— bistorta	16	—
— amphibium	36	—
— fagopyrum.	38	—
— cymosum	32	—
— virginiacum.	41	—
Matricaria officinalis.	18	jours.
Sonchus oleraceus	26	—
Populus nigra.	28	—
Nerium oleander.	41	—

Rosa centifolia, spongioles caulinaires, 33 jours ; racines, 5 mois 18 jours.

Vitis vinea, spongioles caulinaires, 11 jours; racines, 2 mois, 8 jours.

Jasminus officinalis, spongioles, 2 mois; racines, 4 mois 9 jours.

On le voit, il est des plantes qui se multiplient très facilement de boutures, comme la vigne et le jasmin, et dont les tiges ne fournissent des racines qu'après un temps assez long, cela tient à trois conditions organiques qui appartiennent à ces deux végétaux, et à ceux qui sont dans le même cas : 1° les sections des branches absorbent facilement l'eau ; 2° les fibres élémentaires qui composent ces végétaux sont peu putrescibles; 3° il se développe assez rapidement des spongioles caulinaires qui peuvent, en quelque sorte, remplir les fonctions des vraies racines.

PARTIE D'OBSERVATION.

Après avoir exposé les diverses données expérimentales que j'ai recueillies sur le sujet qui nous occupe, il me reste à traiter la question sous le point de vue de l'observation.

Examinons les divers changemens qui surviennent aux organes d'une tige placée dans l'eau. Si nous comparons les nombreuses observations que nous avons recueillies dans cette direction, nous

distinguerons deux cas principaux : 1° l'évolution des racines est lente et irrégulière ; 2° elle s'effectue assez promptement et régulièrement.

§ 1er. *Evolution irrégulière* (lenticelles ; spongioles caulinaires).

Quand une tige feuillée dépourvue de racine est placée dans un verre plein d'eau, les parties vertes restent turgides pendant un temps souvent très long, mais sans prendre d'accroissement appréciable; l'eau pénètre d'abord par la section, mais c'est une voie diffuse, irrégulière, qui ne tarde pas à être en partie interrompue par la mortification de l'extrémité de la tige ; il existe des organes qui peuvent, par un développement insolite, suppléer à ce défaut d'absorption, par suite de cette altération : ces organes sont des lenticelles, glandes lenticulaires, sur lesquelles Guettard (Mémoire de l'Académie des Sciences pour 1745) appela d'abord l'attention des botanistes. Ces organes furent ensuite étudiés par Decandolle (Annales des sciences naturelles, 1826 et 1827). Ce savant botaniste avança que c'était par les lenticelles que sortaient les racines auxquelles les branches donnent naissance. Cette opinion fut depuis combattue par M. Mohl (Journal botanique de Ratisbonne. Mais c'est surtout Meyer de Hinau qui, dans une thèse soutenue sous la présidence de M. Mohl, s'efforça de démontrer que l'opinion de Decandolle ne pouvait être soutenue. Une dissidence d'opinions aussi tranchées provient, comme je vais le montrer, de ce que les observateurs ont confondu deux organes essentiellement différens. Je conserve aux uns le nom de lenticelles, et je donne aux autres le nom de rhizogènes.

Les lenticelles sont des taches dispersées irrégulièrement qu'on observe sur l'écorce des branches des arbres ou des arbrisseaux dicotylédones.

Comme l'a vu M. Meyer, on reconnaît facilement à l'aide d'une loupe, sur une coupe transversale, que les lenticelles sont placées sur la partie extérieure de l'écorce, et qu'elles n'ont aucune communication avec l'intérieur. Elles sont essentiellement composées de tissu cellulaire. M. Meyer a également démontré qu'il existait une grande analogie entre les lenticelles et la formation subéreuse habituelle.

Ces organes ainsi définis ne fournissent jamais de véritables racines adventives. Quand les tiges couvertes de lenticelles et dépourvues de rhizogènes sont placées dans l'eau, au bout d'un certain temps les cellules composant les lenticelles se développent considérablement, d'autres cellules viennent s'ajouter aux premières pour constituer une série de verrues très proéminentes.

Je donne à ces productions ainsi développées le nom de spongioles caulinaires.

Spongioles caulinaires.

Les spongioles caulinaires proviennent, comme je viens de le dire, du développement et de l'accroissement des cellules des lenticelles; elles se présentent sous forme de masses blanches subéreuses irrégulièrement répandues sur la surface de la tige conservée dans l'eau. On peut reconnaître, à l'aide d'un microscope, que les spongioles caulinaires sont essentiellement composées de cellules incolores très distendues. On peut remarquer cette production sur presque toutes les tiges dicotylédonées plongées dans l'eau. Elles se développent souvent sur des branches de végétaux herbacés. Ainsi, j'en ai observé de très proéminentes sur une tige de dahlia. Elles peuvent même se produire sur des branches ou habituellement dépourvues de lenticelles (comme les rosiers), ou chez lesquelles

les lenticelles ne sont pas encore développées, mais c'est par une production complétement analogue sous le point de vue anatomique. Quelquefois les spongioles caulinaires s'allongent comme de vraies racines, et pourraient être confondues avec ces organes; mais, si on les examine avec soin, on voit que l'origine est complétement différente. Ces prétendues racines prennent seulement naissance à la partie extérieure de l'écorce, et n'ont aucune communication directe avec l'intérieur. Caractère de première valeur et qui les différencie suffisamment.

Les spongioles caulinaires ne présentent rien de régulier dans leur évolution : elles sont éparses sur toute la surface de la tige.

L'analogie physiologique de ces organes avec les spongioles radicales est évidente; ce sont, comme eux, des organes d'absorption. Quand elles se sont développées sur une tige, sa conservation dans l'eau est assurée pour un temps indéfini, les parties vertes foliacées, qui après l'exposition au soleil devenaient flasques, restent turgides. Mais ce n'est point là le mode normal d'absorption pour les végétaux. Avec des spongioles caulinaires, les branches foliacées se conservent très bien, mais leur développement est nul ou insensible. Les spongioles caulinaires précèdent souvent sur les tiges l'évolution des vraies racines, qui proviennent d'un organe spécial dont nous allons actuellement nous occuper.

§ 2. *Des rhyzogènes.*

Nous arrivons maintenant à une évolution de racine prompte et régulière ; elle s'opère au moyen du développement d'organes spéciaux qui, jusqu'ici, ont été confondus avec les lenticelles, ils en sont essentiellement distincts ; je donne à ces organes le nom de *rhyzogènes*, les considérant

comme les véritables bourgeons des racines. Ces organes ont déjà été étudiés avec beaucoup de soin par M. Meyer (*Linnœa*, t. VII, p. 447), mais il les regarde à tort comme semblables aux lenticelles. Il n'est pas douteux que Decandolle n'ait confondu souvent les rhyzogènes avec les lenticelles, car les premiers organes fournissent constamment des racines, les seconds, au contraire, ne produisent que des spongioles caulinaires ou des racines accidentelles.

Les rhyzogènes sont des petits tubercules arrondis, régulièrement distribués sur les mêmes végétaux dans des parties constantes et déterminées pour les espèces d'un même genre naturel. Au premier abord, leur forme, leur apparence extérieure pourraient les faire confondre avec les lenticelles, mais en les examinant attentivement, on est déjà frappé de la régularité de leur distribution; les lenticelles sont ou planes ou très légèrement bombées, les rhyzogènes forment, au contraire, des élévations coniques.

Les lenticelles examinées au microscope sont essentiellement composées de tissu cellulaire; les rhyzogènes sont constituées par l'association des vaisseaux et du tissu cellulaire. Les unes ne s'étendent pas au-delà de l'écorce, les autres, au contraire, traversent toute la partie corticale et ont une communication évidente avec l'axe ligneux.

Examinons maintenant ce qui arrive à une branche pourvue de rhyzogènes et plongée dans l'eau. Prenons pour exemple le *polygonum orientale*. Les rhyzogènes sont bien apparens sur ce végétal, ils sont situés à la partie inférieure des nœuds et d'autant plus visibles, qu'on s'approche de la partie inférieure de la tige; à la partie supérieure, ils ne se remarquent pas ordinairement, mais se développent bien vite par une immersion de quelques jours dans l'eau. De chaque rhyzogène sort un radicelle; quelques uns peu-

vent avorter lorsqu'ils se développent sur une tige très mince. Les racines ne sortent uniquement que de ce point; quelques jours après l'évolution des racines, il naît, sur les racines principales, des petites fibrilles dont la disposition n'a aucune analogie avec la disposition primitive des rhyzogènes.

Tant que les racines ne sont pas développées, la tige languit, les feuilles sont flasques, mais après un développement suffisant, l'absorption est considérable, la tige prend un accroissement rapide ; des feuilles, des fleurs se développent d'une manière normale, les graines grossissent et parviennent à leur maturité comme sur une plante complète nourrie en terre.

Si on examine la tige après le développement des anneaux de racine, on peut constater des changemens remarquables dans la structure de cette tige. La partie supérieure de l'anneau le plus voisin de la section est pourvue de nombreuses racines, la tige présente l'organisation habituelle, mais au-dessous de cet anneau elle a subi de notables modifications: la moelle a disparu, le canal médullaire s'est rétréci, et il s'est développé des fibres ligneuses très résistantes qui, enveloppant la partie centrale, ont resserré le canal médullaire et ont donné à cette partie de la tige une grande solidité. J'ai surtout observé cet accroissement dans les tiges du polygonum orientale, un mois après l'évolution des rhyzogènes. Ces fibres descendantes, qu'on peut reproduire à volonté, déposent peut-être en faveur de l'opinion de Dupetit-Thouars, qui attribuait l'accroissement des tiges à des fibres descendantes provenant des bourgeons ; les rhyzogènes participeraient à l'accroissement de la racine, comme les bourgeons à l'accroissement de la tige.

Les rhyzogènes doivent être considérées comme des organes fondamentaux de nutrition, et les caractères que donnera leur observation attentive pourront servir ou à confirmer ou à rectifier

plusieurs points de la classification naturelle. Si on regarde la position des feuilles comme suffisante pour établir un genre, la position des rhyzogènes doit, dans beaucoup de cas, être placée sur la même ligne, lorsqu'il s'agit d'espèces où ces organes sont bien développés ou apparaissent régulièrement quand la tige est placée dans des circonstances convenables.

J'ai étudié, sous ce point de vue, plusieurs espèces du genre *polygonum*. Je puis dire, en résumé que, si on a égard à la position des rhyzogènes, il faudra rétablir plusieurs anciens genres qui ont été réunis dans ce groupe, et en particulier les genre *fagopyrum*.

J'ajouterai également que le nombre et la situation des rhyzogènes formeront des caractères très élégans pour distinguer des espèces souvent très voisines.

Résumé et corollaires.

En résumant les faits rapportés dans ce mémoire, en y joignant le résultat d'expériences ou d'observations que je n'ai point données avec détail, j'établis les propositions suivantes :

1° La lumière n'a pas d'influence appréciable sur l'évolution des racines adventives ; la chaleur, au contraire, en a une très manifeste. Une température variant entre 15 et 30° c. paraît être la plus favorable à cette évolution ;

2° La plupart des substances qui ont été indiquées comme favorisant la germination, exemple, le chlore, l'iode, n'ont pas d'action manifeste sur l'évolution des racines ; il en est de même des principaux acides et alcalis. L'acide nitrique à 1/1600 de dilution paraît avoir une action favorable ; l'ammoniaque liquide à la même dilution agit comme poison ;

3° Une tige d'une plante annuelle étant séparée

en deux parties, c'est presque toujours sur le fragment inférieur que les racines se développent le plus promptement;

4° Des branches de même grosseur et du même arbre étant placées dans les mêmes conditions, à différentes époques de l'année, ne fournissent pas des racines ni dans le même temps ni avec la même facilité ;

5° Les différens végétaux produisent des racines adventives dans des limites de temps extrêmement variables; ainsi telle plante en donne après 48 heures, et pour telle autre il faudra six mois;

6° Quand une espèce d'un genre naturel fournit avec facilité des racines adventives, il y a tout lieu de penser que les espèces voisines en donneront également ; cependant les limites de temps peuvent encore être différentes : elles ont varié, dans mes expériences, de six jours à quarante, et pour des espèces très rapprochées;

7° Quand un genre renferme des espèces aquatiques et des espèces qui vivent sur un sol aride, les premières fournissent des racines adventives beaucoup plus tôt que les secondes ;

8° On a confondu sous le nom de lenticelles deux organes essentiellement distincts.—Les véritables lenticelles de Guettard ne fournissent jamais de racines adventives ; placées dans des circonstances convenables, elles se développent et s'accroissent pour former des organes nouveaux, que je désigne sous les noms de spongioles caulinaires, qui servent évidemment à l'absorption ; les branches foliacées placées dans l'eau et pourvues de spongioles caulinaires se conservent indéfiniment, mais leur développement est nul ou insensible ;

9° Les racines adventives proviennent d'organes spéciaux que je nomme rhizogènes ; elles diffèrent des lenticelles par la régularité habituelle de leur distribution sur la tige. — Les lenticelles sont composées uniquement de tissu cellulaire. Les

rhizogènes sont formées par l'association des vaisseaux et des tissus cellulaires; les uns ne s'étendent pas au-delà de l'écorce; les autres, au contraire, traversent toute la partie corticale pour communiquer à l'axe ligneux;

10° Les lenticelles sont des organes peu importans sous le rapport des fonctions et de la classification naturelle; les rhzyogènes sont des organes fondamentaux de nutrition; leur observation attentive pourra servir ou à rectifier ou à confirmer plusieurs points encore obscurs de la classification naturelle.

Considérations pratiques sur la multiplication des végétaux à l'aide de boutures.

Les bons horticulteurs savent parfaitement aujourd'hui que presque tous les végétaux, soit herbacés, soit ligneux, peuvent, à l'aide de précautions particulières, se multiplier par boutures. Craignant que quelques personnes peu familières avec ces opérations ne déduisent de mon mémoire que la meilleure manière de multiplier les végétaux par bouture, c'est d'en plonger des branches dans l'eau, j'ai hâte d'ajouter, avant de terminer, que ce moyen ne convient que dans quelques cas rares, que presque toujours il est infiniment plus sûr d'abandonner ces branches dans de la terre humide. La pratique montre quelles sont les modifications de composition les plus favorables à donner à la terre pour chaque cas particulier; elle apprend aussi à régler la température pour obtenir un développement de racines rapide.

Une température variant de 15 à 20° centigrades m'a paru être la plus convenable au plus grand nombre des plantes de nos climats.

Voici la composition de la terre que j'ai trouvée la plus favorable à la multiplication des végétaux à l'aide de bouture.

Charbon animal. . .	1 partie.
Terreau.	2 parties.
Terre de bruyère. . .	2 parties.
Bonne terre végétale. .	4 parties.

On enfonce la branche dans ce mélange, qu'on a soin de tenir légèrement humide et jamais submergé ; pour que l'air puisse librement y circuler.

RECHERCHES

SUR

L'ACTION DES SELS AMMONIACAUX

SUR LA VÉGÉTATION,

Premier mémoire présenté à l'Académie des sciences le 6 février 1843.

J'ai eu l'honneur de présenter à l'Académie des Sciences, le 11 septembre 1841, un mémoire sur la théorie des boutures.

Ce travail devait, en quelque sorte, servir d'introduction à des recherches variées sur l'influence qu'exercent sur la végétation les matières qui peuvent être absorbées par les racines. J'ai continué ces expériences presque sans interruption depuis dix ans, et ce n'est qu'avec hésitation, ce n'est qu'en réclamant l'indulgence de l'Académie pour ces longs efforts, que je viens en exposer les premiers résultats.

Je m'occuperai aujourd'hui de l'influence que les sels ammoniacaux absorbés par les racines exercent sur la végétation.

Les recherches que j'ai entreprises ont pour but principal d'éclairer la théorie des engrais et des assolemens; c'est le pivot autour duquel roulent les questions les plus importantes qui ont trait à l'agri-

culture. Aussi un grand nombre d'hommes éminens de notre époque ont-ils dirigé leurs investigations de ce côté.

Les difficultés les plus sérieuses paraissent aujourd'hui vaincues.

On sait positivement que le carbone, l'hydrogène et l'oxygène qui entrent dans la composition des principes immédiats de végétaux, proviennent de l'air et de l'eau.

Pour l'azote, les expériences de M. Boussingault ont prouvé que certaines plantes, comme les topinambours, empruntent à l'air une grande quantité d'azote ; que d'autres, comme le froment, ont, au contraire, besoin de l'intermédiaire des engrais pour s'assimiler ce principe.

Quel est le rôle des engrais dans ces dernières conditions ?

Dans ces derniers temps, M. Schattenman et M. Liébig ont fixé l'attention des savans sur l'influence des sels ammoniacaux sur la végétation.

Déjà depuis long-temps un illustre expérimentateur, qui a fait dans cette direction de nombreuses et belles recherches, s'exprimait ainsi à propos de l'assimilation de l'azote par les plantes : « Si l'azote est un corps simple, on doit être forcé de reconnaître que les plantes ne se l'assimilent que dans les extraits végétaux et animaux et dans les vapeurs ammoniacales. L'on ne peut douter de la présence des vapeurs ammoniacales dans l'atmosphère lorsqu'on voit que le sulfate d'alumine pur finit par se changer à l'air libre en sulfate ammoniacal d'alumine. (Théodore de Saussure, *Recherches chimiques sur la Végétation*).

Les savans qui ont récemment écrit sur ce sujet adoptent complétement l'opinion que nous venons d'exposer, ils admettent que c'est l'oxyde d'ammonicum qui fournit aux plantes l'azote qui est indispensable à leur développement.

Voici comment s'expriment sur ce sujet deux

hommes dont personne ne récusera la compétence.

« L'efficacité des sels ammoniacaux dans les engrais est admise aujourd'hui par les chimistes qui ont porté leurs vues sur les applications agricoles; leur opinion est motivée sur les faits pratiques les plus authentiques, les mieux avérés. » (Boussingault et Payen, *sur les engrais et leur valeur comparée*, *Annales de chimie et de physique*, troisième série, tome 3.)

D'un coté des faits pratiques, des considérations générales très puissantes de l'autre, donnent à cette théorie une valeur telle qu'on pourrait se demander si elle a besoin de la sanction d'expériences directes.

Si ces expériences conduisaient à un résultat opposé, on pourrait se demander encore si on a évité toutes les chances d'erreurs faciles à commettre dans ces expériences délicates; erreurs dont sont entachés des résultats publiés par plusieurs physiologistes.

Il se pourrait encore que quelques circonstances dont au premier abord on n'apercevrait pas l'importance, pussent modifier les résultats. On doit, je le dis avant d'entrer en matière, se prononcer avec beaucoup de circonspection, quand on s'avance dans des recherches où les inconnues sont plus nombreuses qu'on ne le pense généralement.

J'ai par une longue habitude de ce genre d'expériences, évité bien des erreurs. Je réponds de l'exactitude des faits tels que je les rapporte. C'est dans leur interprétation qu'il faut plus de réserve.

Les sels ammoniacaux dont nous allons étudier l'influence sur la végétation, sont le sesqui-carbonate, le bicarbonate, le sulfate, le chlorhydrate, le nitrate. Ce sont les seuls qui peuvent s'offrir, dans le cours naturel des choses aux racines des plantes.

Des branches du *mimosa pudica* furent placées

dans des flacons munis d'un bouchon foré, remplis d'eau de Seine filtrée (chaque branche contenue dans un vase séparé). On ne soumit ces branches à l'expérience que lorsqu'elles furent pourvues de racines adventives, on n'admit que celles qui étaient vigoureuses et dont le feuillage était à la fois bien vert et très sensible.

D'autre part on fit dans l'eau distillée une solution contenant 1/1000 de sels ammoniacaux que j'ai précédemment désignés.

Ces solutions remplacèrent dans les flacons l'eau de Seine; plusieurs plantes furent conservées dans l'eau pure pour avoir un terme de comparaison.

Après vingt-quatre heures, les plantes végétaient encore bien, mais les feuilles avaient perdu une partie de leur sensibilité. Après quarante-huit heures, les plantes végétant dans les flacons contenant les solutions de carbonate d'ammoniaque étaient privées de toute motilité, les feuilles inférieures étaient tombées. Le lendemain les branches étaient mortes.

Le plant de *mimosa* végétant dans la solution de nitrate d'ammoniaque, résista un jour de plus, celui qui était dans la solution d'hydrochlorate deux jours; mais après six jours tous les plants avaient péri.

J'ai réduit la solution des sels ammoniacaux à 1/1500 et des résultats analogues furent observés.

On pourrait objecter à ces expériences que les branches de *mimosa* pourvues de racines adventives développées absorbent très lentement les solutions, qu'elles végètent en général dans l'eau avec peu d'énergie, que dans un temps plus ou moins long, elles finissent par y périr; mais j'opérais comparativement sur des branches qui étaient restées dans l'eau et qui toutes résistèrent très bien pendant plus d'un mois.

Voulant opposer des résultats concluans à ces

objections, je choisis comme sujets d'expérience des plantes qui ne périssent pas dans l'eau pure, même quand elles y sont conservées pendant toute une année, qui peuvent y accomplir toutes les phases de leur végétation et y développer des graines fécondes. Nulles ne conviennent mieux pour ces essais que les *mentha aquatica et sylvestris*. Le *Polygonum orientale* est aussi très propre à ces expériences, parce qu'il s'y développe de nombreuses racines, qu'il accomplit dans l'eau toutes les phases de sa végétation, qu'il absorbe vite une grande quantité de liquide et qu'on peut expérimenter à l'époque du développement des graines, temps où les alimens azotés sont, dit-on, le plus indispensables aux végétaux.

Des branches bien saines de ces plantes furent placées dans des flacons remplis d'eau filtrée. Aussitôt qu'elles furent pourvues de racines adventives abondantes, que l'absorption du liquide fut très active, on remplaça l'eau par des solutions ammoniacales à 1/1000. Les résultats furent encore parfaitement semblables, seulement les plantes périrent beaucoup plus vite, parce que l'absorption était également plus rapide. On réduisit à 1/1500 la proportion des sels ammoniacaux, et l'action toxique fut encore assez rapide.

Les plantes que nous avons choisies étaient de celles qui végètent parfaitement bien dans l'eau. L'influence délétère des sels ammoniacaux est donc positivement établie ; mais on pourra dire encore : les meilleurs alimens, lorsqu'ils sont pris en excès, peuvent également donner la mort. A cela je répondrai qu'une solution à 1/1500 est déjà bien étendue; mais nous l'avons encore étendue davantage, et nous avons remarqué que les résultats toxiques deviennent moins précis, mais que l'influence fâcheuse des sels ammoniacaux est encore évidente à 1/3000. Plus étendues, les solutions ammoniacales ne produisent aucun effet utile ni nui-

sible appréciable. Je regarde les expériences précédentes comme dégagées de toutes chances d'erreurs.

Avant d'aller plus loin, disons que les choses ne se passent pas ainsi dans les circonstances ordinaires. Ce n'est pas dans l'eau, mais dans la terre, que les racines des plantes fonctionnent, et les circonstances étant différentes, les résultats peuvent aussi différer.

Voici les premiers essais que j'ai entrepris pour chercher à démêler l'action des sels ammoniacaux sur les plantes croissant dans la terre.

Je choisis une plante qui ne végète pas dans l'eau, mais qui croît vite et bien dans le terreau, et qui passe pour être avide d'alimens azotés, le choux cultivé (*brassica oleracea*).

Je choisis plusieurs plants de choux d'un poids à peu près égal et d'une force à peu près semblable. je les plantai dans un mélange de terreau et de bonne terre de jardin à portions égales. Ces choux étaient placés chacun dans une caisse de même capacité, avec un poids semblable de terre. On les arrosa avec de l'eau pure, jusqu'à ce qu'ils fussent bien repris et qu'ils végétassent bien ; puis on commença à les arroser avec des solutions de sels ammoniacaux, contenant 1|1000 de sels en dissolution.

L'expérience fut ainsi continuée trente jours pendant les mois de juin et juillet. On conservait comme des termes de comparaison des choux arrosés avec une quantité d'eau pure égale à la quantité des dissolutions ammoniacales. Dans tous les cas, les choux profitèrent aussi bien, mais on ne remarqua aucune différence appréciable ni en bien ni en mal. L'effet de l'arrosement avec les sels ammoniacaux parut alors complétement nul.

Les choux arrosés avec de l'eau de Seine filtrée prirent un développement semblable ; et leur poids, après l'expérience, n'indiqua pas de diffé-

rences constantes, comme on peut le voir dans le détail qui suit :

Chou arrosé avec une dissolution à 0,001 *de carbonate d'ammoniaque.* — Le poids avant l'arrosement était de 18.2. Après trente jours d'expérience, il était de 223,7.

Chou arrosé avec une dissolution à 0,001 *de nitrate d'ammoniaque.* — Le poids avant l'arrosement était de 17,5. Après trente jours d'expérience, il était de 272,6.

Chou arrosé avec une dissolution à 0,001 *de chlorhydrate d'ammoniaque.* — Le poids avant l'arrosement était de 20,3. Après trente jours d'expérience, il était de 219,4.

Chou arrosé avec une dissolution de sulfate d'ammoniaque à 0,001. — Le poids avant l'arrosement était de 15,5. Après trente jours d'expérience, il était de 256,3.

Choux arrosés avec de l'eau pure. — Trois expériences comparatives ont été faites dont voici les résultats : n° 1, avant l'arrosement le poids était de 17,2, après trente jours d'expérience, il était de 220,8; n° 2, avant l'arrosement le poids était de 20,7 ; après trente jours d'expérience il était de 151,45 ; n° 3, avant l'arrosement le poids était de 19,3, après trente jours il était de 261,25.

Les expériences rapportées ci-dessus sont trop peu nombreuses pour qu'on puisse adopter une opinion définitive, d'autant plus que tous nos plants ont moins bien profité dans leur espace de terre limité que dans un plus large espace, mais on n'aperçoit aucun effet utile des sels ammoniacaux.

Voici la conclusion qui découlera des expériences que j'ai relatées :

« Les dissolutions des sels ammoniacaux suivans: sesqui-carbonate, bi-carbonate, chlorhydrate, nitrate, sulfate, à la dilution d'un millième et même d'un quinze centième, empoison-

nent les plantes dont les racines sont plongées dans ces dissolutions, et qui vivraient très bien dans l'eau pure. »

Dans l'extrait de mon mémoire qui a été publié, on avait déduit de cette conclusion expérimentale, avec trop d'empressement peut-être, que les sels ammoniacaux ne fournissaient pas directement aux végétaux l'azote qu'ils assimilent. Je reconnais que vouloir tirer cette conséquence de mes expériences serait dépasser les bornes des déductions légitimes.

J'espère seulement que les physiologistes et les agriculteurs reconnaîtront avec moi qu'il faut encore de nombreuses expériences pour connaître positivement tous les modes d'assimilation de l'azote chez les végétaux, et si les sels ammoniacaux sont utiles à l'agriculture pour déterminer les conditions de cette utilité.

RECHERCHES

SUR L'ACTION

DES POISONS ET SUBSTANCES DIVERSES

SUR LES PLANTES ET SUR LES ANIMAUX

QUI VIVENT DANS L'EAU.

Mémoire lu à l'Académie des sciences, le 17 juillet 1843.

En remarquant les nombreuses contradictions qu'on trouve chez les auteurs qui se sont occupés de recherches sur l'influence qu'exercent sur la végétation les matières qui peuvent être absorbées par les racines, j'ai eu la pensée de répéter d'une manière uniforme toutes les expériences entreprises sur ce sujet, de les compléter et d'agir comparativement sur divers animaux, et de démêler ainsi la vérité.

Les observations qui se rapportent aux plantes semblent d'abord très faciles à bien conduire, mais en opérant on ne tarde pas à s'apercevoir qu'il est souvent difficile d'éviter toutes les chances d'erreurs, qui sont plus nombreuses qu'on ne pense.

Je vais indiquer rapidement les deux principales. Quand on a opéré dans l'eau, la plupart des plantes choisies par les observateurs périssent d'elles-mêmes dans ce liquide sans aucune addition; quand on opère dans la terre, dans la plupart des cas la substance sur laquelle on voulait expérimenter n'est pas absorbée.

J'ai commencé ce travail depuis plusieurs années. J'en ai différé la publication jusqu'ici pour étendre mes essais à des plantes de familles différentes et à des animaux d'organisations diverses, et surtout pour varier les différens modes d'expérimenter. J'ai été conduit ainsi à faire des remarques inattendues qui, j'espère, trouveront leurs applications.

Les effets que je vais rapporter ont été observés en opérant dans l'eau sur des plantes pourvues de racines adventives et qui végétaient très bien. On conservait toujours des plantes vivant dans de l'eau de Seine filtrée pour servir de terme de comparaison.

Les plantes qui conviennent le mieux pour ces expériences sont les *Mentha sylvestris et aquatica*, les *Polygonum orientale et tinctorium*, *Poterium sanguisorba*, divers *Populus* et *Salix*.

Quand on plonge une tige de ces plantes dans un flacon rempli d'eau, la partie submergée ne tarde pas à fournir des racines adventives, la végétation est vigoureuse et accomplit souvent toutes ses phases. Voilà dans quelles circonstances j'ai toujours observé.

Les légumineuses, qui ont été employées par plusieurs auteurs en général, ne végètent pas bien dans l'eau. Certaines plantes aquatiques, comme le Polygonum amphibium et hydropiper, que quelques expérimentateurs ont préféré, prospèrent mal dans l'eau pure, et finissent souvent par y mourir.

Empoisonnement des végétaux.

Dans le cours naturel des choses, les empoisonnemens des végétaux sont assez rares ; les faits qui s'y rapportent ont été déduits presque tous d'observations *ex-professo* ; ils ont peu d'applications pratiques, cependant leur étude peut pré-

senter de l'intérêt quand on cherche, comme nous allons le faire, à éclairer par la comparaison les effets des poisons sur les végétaux des mêmes effets observés chez les animaux. On peut arriver ainsi à des considérations curieuses sur les lois de la physiologie et sur les rapports des végétaux avec les animaux.

Préparations arsenicales.

L'influence des préparations arsenicales sur les végétaux a été étudiée par MM. Séguin, F. Marcet, Macaire et surtout par Jœger. Les effets, en général, ont été bien observés.

J'ai cru convenable d'employer des dissolutions très étendues, et j'ai toujours pris des solutions contenant 1|1000 d'acide arsenieux, d'acide arsenique, d'arseniate de potasse ou d'arseniate de soude. J'ai choisi des plantes appartenant à des familles très différentes, parmi lesquelles je citerai les *mentha aquatica et sylvestris*, le *poterium sanguisorba*, les *polygonum tinctorium* et *orientale*, le *populus nigra*, le *nerium oleander*, le *mimosa pudica*, le *triticum sativum*; toujours, les effets observés ont été les mêmes : la plante soumise à l'expérience périssait après un, deux, trois, quatre ou cinq jours. Cet effet était déterminé par l'absorption du composé arsenical.

A doses égales, l'acide arsenique agit avec plus d'énergie et de rapidité que tous les autres composés arsenicaux, puis vient l'acide arsénieux, l'arseniate de potasse, et en dernière ligne l'arseniate de soude.

J'ai constamment retrouvé l'arsenic dans les portions non immergées des tiges. Je l'ai recherché au moyen de l'appareil de Marsh, ayant eu le soin préalable de détruire par l'acide nitrique la matière végétale. La proportion d'acide arsenieux absorbé nécessaire pour tuer une plante vigoureuse est

extrèmement petite, en l'évaluant à 1|2 centigramme pour une plante du poids de 100 grammes on est encore au-dessus de la vérité.

Il semble résulter des observations précédentes que les préparations arsenicales solubles doivent être considérées comme des poisons généraux; en effet, j'ai vérifié leur funeste influence sur des animaux variés et choisis dans divers groupes de la série animale.

Sous l'influence de solutions arsenicales, j'ai vu cesser la vie des animaux infusoirs.

Tout le monde connaît l'emploi des solutions arsenicales pour tuer les mouches, l'abeille est également très sensible à cette influence.

Des sangsues placées dans une solution d'acide arsenieux à un millième résistent cinq à six heures et quelquefois douze heures, mais après ce temps toutes périssent lorsqu'elles sont restées en totalité ou en partie plongées dans la solution.

Elles résistent moins dans la solution d'acide arsenique et davantage dans la solution d'arseniate de soude, mais toutes finissent par y périr.

J'ai placé des petits poissons d'eau douce appartenant au genre *Cyprinus* des espèces suivantes : Bouvière (*Cyprinus amarus Bl.*), Goujon (*C. Gobio Bl.*), Meunier (*C. Lobula L.*), Ablette (*C. alburnus L.*), le Spirlin (*C. bipunctatus L.*), Véron (*C. phoscinus L.*), dans une dissolution contenant 1 millième d'acide arsénieux; ils résistèrent très bien pendant six heures, mais après huit heures ils étaient très notablement affaiblis et incapables de mouvemens brusques ; ils stationnaient à la partie supérieure du liquide ; après douze heures, ils étaient morts.

L'acide arsenique à 1 millième de solution exerce sur les poissons une action toxique aussi prompte que remarquable. Après quelques minutes ils éprouvent des mouvemens désordonnés, après vingt minutes ils sont sur le flanc et immobiles, après trois quarts d'heure ils sont morts.

Les branchies sont blanches, d'une consistance molle. La promptitude de cette mort ne doit pas être attribuée à l'intoxication arsénicale, mais à une action plus générale que nous exposerons bientôt.

Ces mêmes poissons placés dans une dissolution contenant 1 millième d'arseniate de potasse résistèrent bien pendant douze heures, mais ils succombèrent après vingt-quatre. Chose remarquable, un petit poisson vécut pendant six jours dans une dissolution contenant 1 millième d'arseniate de soude.

On a essayé l'action des arsenicaux sur un assez grand nombre d'animaux mammifères, et malgré quelques anomalies on est en droit jusqu'ici d'admettre leur action délétère.

Tous ces faits doivent donc concourir à faire regarder les préparations arsenicales solubles comme des poisons généraux. Voici cependant une remarquable exception : M. Jager a vu une petite plante rameuse, que d'après sa description M. Decandolle soupçonnait être le *mucor imperceptibilis*, croître dans l'eau contenant 1|32 de son poids d'acide arsenieux ; cette observation n'est pas isolée, elle a été confirmée par plusieurs observateurs. Pour mon compte, voici ce que j'ai vu : je conservais depuis long-temps une solution saturée d'acide arsenieux contenant de l'acide tartrique ; j'ai vu se développer dans cette solution des petits amas de couleur brunâtre, qui ont fini par envahir presque tout le liquide ; examinés au microscope, j'ai vu qu'ils étaient formés par la réunion de globules sphériques, réunis par des filamens inégaux d'une grande ténuité rameux. Il y a plusieurs années, M. Boutigny, d'Evreux, avait aussi remarqué un produit organisé qui s'est développé dans une solution arsenicale concentrée.

M. Boutigny a eu la bonté de me communiquer le dessin de ce petit végétal rameux et la descrip-

tion qui en a été faite par M. de Brebisson ; j'ai trouvé une identité parfaite entre le dessin et ce que j'avais observé. Voici, d'après M. Brebisson, la détermination et les caractères de ce végétal.

Hygrocrocis arsenici. *Hygrocrocis toxicog*. *Bory Saint-Vincent* (Mycoderma Demazières). Filamentis inæqualibus tenuissimis. ramosis, subdichotomis, articulatis, inæqualibus cylindricis, ovalibus, spæricisve, in pelliculum sive acervum mucosum intertextis, in solutum acidi arsenicosi.

Emétique.

M. Vogel mit dans une dissolutiou d'émétique un *tanacetum vulgare*, la plante mourut au bout de deux jours ; les feuilles, traitées par l'eau chaude, cédèrent à celle-ci le sel antimonial, reconnaissable par le précipité jaune orangé, que le gaz sulfhydrique détermina dans sa dissolution. L'*aconitum napellus* absorba également l'émétique, y périt, et l'émétique fut entièrement enlevé de sa dissolution.

Un plant vigoureux de *mentha sylvestris* fut placé, le 26 juillet, dans une dissolution contenant 1/200 d'émétique; le 28 la tige n'a nullement souffert, ses feuilles sont vertes et turgides ; le 30, quelques feuilles inférieures paraissent souffrir, mais la plante végète encore bien, elle ne meurt que le 7 août.

On fit dissoudre 1 gramme d'émétique dans 1000 grammes d'eau, des petits poissons furent plongés dans cette dissolution à midi vingt-cinq minutes; à une heure un quart ils sont encore très bien et ne paraissent nullement souffrir ; à trois heures, leurs mouvemens sont désordonnés comme dans les dissolutions arsenicales, ils ne gardent plus l'équilibre ; à sept heures ils sont retirés morts.

L'influence de l'émétique sur les plantes et les

poissons ressemble beaucoup à celles des préparations arsenicales; l'action de ce sel est moins énergique que celle de l'acide arsenique, mais elle est plus rapide et plus puissante, à dose égale, que celle de l'acide arsenieux, et à plus forte raison que celle de l'arseniate de soude.

Les préparations antimoniales solubles, et l'émétique en particulier, ne sauraient être considérées comme des poisons généraux ; presque tous les êtres de la série sont, il est vrai, vivement affectés par elles, cependant j'ai observé, dans une dissolution étendue d'émétique , un *hygrococis* que je n'ai pu distinguer par aucun caractère de celui dont j'ai signalé (page 33) l'existence dans une solution d'acide arsenieux et que je regarde donc comme identique. On voit que si l'arsnice se rapproche de l'antimoine par ses propriétés chimiques, il s'en rapproche davantage peut-être si on considère son action sur les êtres inférieurs de la série.

Poisons mercuriels.

L'influence des poisons mercuriels sur les plantes a été indiquée pour la première fois par Seguin, puis étudiée par MM. Marcet et Macaire et par M. Gœpert. Les résultats que nous allons exposer s'accordent avec ceux annoncés par ces observateurs ; mais les expériences ont été instituées de telle façon qu'on a pu apercevoir l'influence des plus faibles doses des composés mercuriels et les comparer entre eux.

M. Marcet trempa des plantes de haricot dans de l'eau contenant pour 2 onces 129 grains de sublimé corrosif. Le lendemain elles avaient les feuilles penchées et les tiges d'un brun jaunâtre.

La quantité de sublimé corrosif dans l'expérience de Marcet est beaucoup trop considérable; elle ne s'élève pas à moins de 1|10. J'ai essayé des solutions qui ne contenaient que 1|1000 de sublimé

corrosif ; j'ai choisi de préférence des tiges de *mentha sylvestris* pourvues de nombreuses racines adventives. Dès le lendemain, les plantes soumises à cette expérience sont très affectées, les feuilles sont moins; turgides après deux jours, les branches sont penchées; après quatre jours, les plantes sont mortes.

En opérant ainsi sur des dissolutions étendues, je n'ai retrouvé aucune trace du composé mercuriel ni dans les feuilles ni dans la tige du végétal expérimenté ; mais en isolant les spongioles et les traitant par l'acide chlorhydrique et par l'éther, j'ai pu y reconnaître la présence d'une petite quantité du sel mercuriel.

L'action toxique du sublimé corrosif au même degré de dilution s'exerce sur tous les végétaux que j'ai expérimentés et toujours avec une grande énergie. J'ai essayé plusieurs espèces des genres *mentha*, *polygonum*, *salix*, *populus*.

A des doses infiniment plus faibles, le sublimé corrosif exerce encore une influence nuisible sur les végétaux dont les racines plongent dans l'eau, mais les résultats sont moins nets qu'avec la dose de 1|1000.

J'ai expérimenté l'action du sublimé corrosif sur divers animaux choisis dans la série et j'ai constaté la généralité de son action toxique. Voici les faits qui me semblent surtout devoir être notés.

Des sangsues furent placées dans une eau contenant 1|1000 de sublimé corrosif en dissolution ; elles meurent après vingt minutes ; elles périssent également, mais après un temps plus long, dans une dissolution qui contient 1|10000 de ce sel mercuriel; elles souffrent et périssent également dans des dissolutions plus étendues.

Des petits poissons du genre des cyprins et appartenant aux espèces ci-dessus désignées furent placés dans de l'eau contenant 1|1000 de bichlorure de mercure ; la solution manifeste son action

toxique immédiate ; les mouvemens des poissons seront désordonnés aussitôt après l'immersion. Ils sont très vivement affectés après cinq minutes et morts après quarante-cinq minutes.

J'ai voulu essayer l'influence d'une solution beaucoup plus affaiblie. Deux bouvières (*cyprinus amarus*) furent plongées dans l'eau contenant 1|10000 de sublimé corrosif ; pendant une demi-heure on ne remarqua aucun effet appréciable, après ce temps elles sont visiblement influencées : elles portent leur tête en haut, le corps étant vertical ; après une heure un quart elles sont renversées sur le dos, après une heure et demie elles sont presque insensibles, après deux heures on a constaté leur mort.

On peut encore étendre davantage la solution de bichlorure de mercure, et son action toxique est encore manifeste.

1 centigramme de bichlorure de mercure fut dissous dans 1000 grammes d'eau. Des poissons furent placés dans cette dissolution. Rien d'appréciable après trois quarts d'heure. Ils paraissent assez bien portans après une heure et demie. Ils sont un peu souffrans après deux heures. On voit qu'il sont notablement influencés après trois heures. Le lendemain ils furent trouvés morts.

1 milligramme de bichlorure de mercure additionné d'un milligramme d'hydrochlorate d'ammoniaque fut dissous dans un litre d'eau. On plaça deux bouvières dans cette dissolution : après quatre heures elles sont visiblement influencées, elles ont de la difficulté à se maintenir Le lendemain elles vivent encore, mais elles sont tellement affaiblies qu'elles sont incapables de tout mouvement volontaire.

L'énergie d'action du sublimé corrosif est incomparablement plus grande sur les poissons et les plantes que celle des arsenicaux ; pour s'en convaincre, il suffit de comparer les faits que je

viens de rapporter à ceux relatés à l'article *arsenic*.

J'ai été curieux de vérifier si tous les composés mercuriels solubles avaient une action comparable à celle du bichlorure.

Des sangsues furent placées dans une solution contenant 1\|1000 de cyanure de mercure ; elles ne paraissent pas souffrir pendant les deux premières heures; après trois heures elles dégorgent ; elles meurent après cinq heures.

Deux meuniers de la grosseur du doigt furent placés dans de l'eau contenant 1\|1000 de cyanure de mercure ; pendant la première demi-heure ils paraissent peu affectés, mais après une heure ils sont très malades, renversés sur le dos; après deux heures ils sont morts.

Des plantes furent également placées dans des dissolutions contenant un millième de cyanure de mercure. Toutes périrent, mais elles furent beaucoup moins promptement affectées que lorsqu'on employait le sublimé corrosif aux mêmes doses, et l'on put facilement constater l'absorption du sel mercuriel.

Le cyanure de mercure est-il un poison général moins énergique que le sublimé corrosif? On pourrait penser que lorsqu'on agit sur des plantes ou sur des poissons, le bichlorure de mercure se combine immédiatement avec la matière animale, qui constitue les spongioles ou les branchies et arrête aussitôt le jeu régulier de ces organes, et que le cyanure de mercure n'agit que parce qu'il est absorbé et qu'il éteint la vie comme composé mercuriel. Il serait alors un poison général aussi énergique que le sublimé corrosif.

Voici des observations qui contredisent cette manière de voir. On a fait une solution de 1 centigramme de biiodure de mercure, 1 centigramme d'iodure de potassium dans un litre d'eau; des cyprins furent placés dans cette dissolution; les mouvemens sont presque immédiatement vifs et

désordonnés, l'action est beaucoup plus rapide et plus énergique que dans une dissolution de sublimé corrosif à la même dose ; après dix minutes, l'un des poissons est fort affecté ; après trente minutes tous les trois nagent sur le flanc, puis se tiennent renversés au fond du vase. L'un des trois succombe au bout de soixante minutes. Les trois autres après cinq quarts d'heure. Les branchies sont rouges, et elles offrent à l'extérieur une suffusion sanguine bien manifeste.

On fit dissoudre 5 milligrammes de biiodure de mercure dans mille grammes d'eau, à l'aide de 5 milligrammes d'iodure de potassium. On y plongea deux bouvières (cyprinus amarus) et un meunier : après 10 minutes ces trois poissons commencèrent à ressentir la pernicieuse influence du liquide mercuriel ; après 20 minutes le meunier est sur le flanc, les bouvières après 30 minutes. Les uns et les autres se réveillent de temps à autre, et se livrent à des mouvemens brusques et désordonnés, ils meurent tous les trois après 70 minutes.

La solution précédente fut étendue de son poids d'eau pure, elle ne contenait plus alors qu'un quatre cent millième de son poids de sel mercuriel; deux petites bouvières y furent placées. Après une demi-heure, rien d'appréciable, après une heure et un quart elles paraissent notablement affectées, elles s'agitent vivement, cherchent à s'élancer hors du liquide, et ne tardent pas à se mettre sur le flanc. Un des poissons est sorti de l'eau et placé dans l'eau de Seine, mais il ne tarde pas à succomber, à peu près en même temps que son compagnon.

La solution précédente étendue de son poids, d'une part, fut alors réduite à un huit cent millième. Des poissons qu'on y place avant le déclin du jour y meurent pendant la nuit.

Un milligramme d'iodure de mercure fut dis-

sous dans mille grammes d'eau, à l'aide d'un milligramme d'iodure de potassium. On y plongea quatre petits poissons : un meunier (cyprinus), un goujon (cyprinus gobio); deux bouvières (cyprinus amarus). Après trois quarts d'heure ils paraissent mortellement affectés. Le meunier et le goujon meurent après deux heures, les deux bouvières résistent pendant plus de quatre heures, mais toutes leurs forces les ont abandonnées : elles stationnent presque sans mouvement à la surface du liquide, la tête haute; elles cessent de vivre dans la soirée.

Une solution encore plus diluée peut manifester son action nuisible, mais dans un temps plus long. Cette action sera encore énergique si la température est élevée, car j'ai remarqué que plus la température était élevée plus l'action des substances toxiques sur les plantes et les poissons est prompte et énergique.

Les expériences précédentes ont été faites à une température moyenne de 6 degrés centig., elles établissent la prodigieuse activité des sels mercuriels solubles, elles montrent que le biiodure rendu soluble à la faveur de l'iodure de potassium est incomparablement plus énergique, à dose égale, que le bichlorure; et qu'enfin le cyanure a une action toxique moins énergique que celle du bichlorure.

De tous les faits que j'ai observés sur l'action des sels mercuriels solubles sur les êtres organisés, on doit, selon moi, conclure qu'ils doivent être considérés comme des poisons généraux des plus énergiques. Je ne connais, en effet, aucun être vivant qui puisse résister à leur influence, et certains d'entre eux, surtout parmi les animaux inférieurs, sont tellement sensibles à l'action des sels mercuriels qu'ils sont tués par des dissolutions tellement affaiblies que le composé mercuriel échappe à tous les réactifs, et que la quantité qu'ils absorbent est pondéralement inappréciable.

La propriété si éminemment toxique de l'iodure d'hydrargirate de potassium devra attirer sur ce sel l'attention des naturalistes, il est infiniment plus convenable que l'acide arsenieux pour entrer dans la composition des onguens ou des liqueurs destinés à préserver les objets d'histoire naturelle des ravages des mites et des vers. Ce sel ne formant pas avec l'albumine un composé insoluble, est de beaucoup préférable au sublimé corrosif pour conserver les cadavres et les pièces d'anatomie ; car ce n'est point parce qu'il se combine avec les matières animales que le sublimé corrosif jouit de la propriété de conserver les cadavres, mais bien parce qu'il agit comme composé mercuriel essentiellement destructeur, qui s'oppose au développement de ces êtres microscopiques qui sont les moteurs ordinaires de toute décomposition spontanée des matières organisées par la vie.

Nitrate d'argent.

Les expériences de M. Vogel père (Journal de Pharmacie, avril 1842) ont démontré que le nitrate d'argent était absorbé par les racines des plantes, que ce sel était ramené par elles à l'état métallique et qu'il agissait comme un poison énergique; il employa dans ses expériences des tiges du *lactuca sativa* en fleurs et du *malva sylvestris*; mais la dissolution étant là encore beaucoup trop concentrée, elle contenait 1|30 ou 1|40 de sel.

J'ai employé des dissolutions de nitrate d'argent contenant 1|200 de sel, j'ai fait absorber ces dissolutions par des tiges vigoureuses pourvues de nombreuses racines adventives de *mentha aquatica* et de *polygonum orientale*.

Quand on opère dans les chaleurs de l'été et que la végétation est vigoureuse, quelques heures après on commence à voir que les plantes souffrent, la couleur des spongioles change, les feuilles sont

moins turgides; après deux, trois, quatre ou cinq jours, les plantes périssent presque toutes ; le nitrate d'argent n'est pas retrouvé dans les tiges, mais il est absorbé, comme l'a vu M. Vogel, et converti en partie en chlorure et en partie en argent métallique.

On peut réduire la proportion du nitrate d'argent à 1/500 et même à 1/1000, et son influence fâcheuse sur les plantes se fait encore sentir.

Le nitrate d'argent exerce sur les sangsues une action aussi prompte que meurtrière. Vient-on à plonger des sangsues dans une dissolution contenant 1/1000 de nitrate d'argent, elles se contournent en tous sens, blanchissent et meurent dans l'espace de dix minutes; une dissolution plus étendue influence encore très vivement ces annelides ; ils ne résistent pas plus d'une demi-heure dans une dissolution au dix-millième; plus étendu, ce sel manifeste encore sa puissance toxique.

Les poissons sont extrêmement sensibles à l'action du nitrate d'argent; c'est un des poisons dont l'action est le plus rapide.

Un gramme de nitrate d'argent fut dissous dans un litre d'eau distillée, des poissons furent plongés dans cette dissolution ; leurs mouvemens sont immédiatement brusques et désordonnés; ils se recouvrent bientôt d'un enduit de chlorure d'argent ; après trente-cinq minutes, ils sont immobiles dans le flacon et ils ne tardent pas à succomber.

Un décigramme de nitrate d'argent fut dissous dans un litre d'eau, deux poissons furent plongés dans cette dissolution. Après une demi-heure, l'un des deux vint surnager, le plus fort résista davantage (ce n'est pas l'effet ordinaire), mais après une heure il était également renversé ; après quatre heures ils ont été trouvés morts.

On peut étendre davantage le nitrate d'argent, et son action nuisible est encore très sensible. On

fit dissoudre un centigramme de nitrate d'argent dans un litre d'eau; des poissons furent placés dans cette dissolution, ils étaient manifestement influencés après une demi-heure d'immersion, souffrans après quarante minutes, très souffrans après cinq quarts d'heure. Ils sont sans force et restent dans une position verticale après deux heures et demie. Le lendemain, on les a trouvés morts.

Si on compare l'action du nitrate d'argent à celle du bichlorure ou du biiodure de mercure, on voit qu'à la dose d'un millième le nitrate d'argent agit avec plus de rapidité et d'énergie, mais à la dose d'un cent-millième, le bichlorure et surtout le biiodure de mercure sont plus promptement et plus énergiquement vénéneux.

Sels d'or et de platine.

Un gramme de chlorure d'or et de sodium fut dissous dans 200 grammes d'eau distillée, des tiges de *mimosa pudica*, de *mentha sylvestris* pourvues de racines adventives furent plongées dans cette dissolution, les plantes souffrirent visiblement après vingt-quatre heures. Les spongioles avaient changé de couleur : leur nuance était légèrement violacée; elles périssent après deux, trois, cinq et sept jours. Le sel d'or fut absorbé, mais il fut, sous l'influence de la lumière et de la matière organique, très probablement ramené à l'état d'or métallique, car on ne put extraire du chlorure d'or par lixiviation des plantes desséchées et broyées.

Des sangsues bien vives furent plongées dans une dissolution contenant, pour mille grammes d'eau, un gramme de chlorure d'or et de sodium ; après une heure, elles étaient mortes.

De petits poissons appartenant au genre cyprin, une bouvière, un meunier, un éperlan de

Seine furent unis dans une dissolution contenant, pour mille grammes d'eau, un gramme de chlorure d'or et de sodium ; après douze minutes de séjour dans ce liquide, ils viennent se renverser à la surface, mais ils vivent encore pendant cinquante-cinq minutes ; après soixante-huit minutes ils sont tous morts.

Un gramme de chlorure de platine fut dissous dans 200 grammes d'eau ; des tiges de *mimosa pudica*, de *mentha sylvestris* furent plongées successivement dans cette dissolution.

Son influence nuisible ne se fit pas aussi promptement sentir que celle du chlorure d'or et de sodium. Les plantes ne périrent qu'après cinq, huit, neuf ou onze jours, mais dans tous les cas elles absorbèrent du chlorure de platine, ce qui fut facile de constater en les incinérant.

Des sangsues furent plongées dans une dissolution contenant un millième de chlorure de platine ; elles y souffrent très vivement ; elles y périssent après une heure.

Deux petites bouvières et un meunier furent placés dans une dissolution de chlorure de platine à 1/1000. Ils résistèrent assez bien pendant cinquante minutes ; mais après une heure ils sont très sensiblement affectés.

Leurs mouvemens sont irréguliers, mais non brusques et désordonnés. Au bout d'une heure et demie ils sont renversés ; après sept quarts d'heure l'un est mort et les deux autres ne tardent pas à succomber.

Si on compare par rapport à leur énergie les effets toxiques du bichlorure de mercure, du chlorure d'or et de sodium on trouve que tant sur le plantes que sur les poissons le bichlorure de mercure vient indubitablement en première ligne, puis arrive le chlorure d'or et de sodium ; le chlorure de platine est beaucoup moins promptement mortel.

Sels de cuivre solubles.

L'action du sulfate de cuivre sur la végétation a été étudiée par M. Marcet. Il a vu que ce sel agissait sur les plantes à peu près comme le bichlorure de mercure; il s'est assuré qu'en arrosant des haricots plantés en terre avec une solution de sulfate de cuivre, ils périssaient également, mais qu'il fallait une plus forte proportion de la dissolution cuivreuse. Déjà, avant M. Marcet, le docteur Philips (*Annals of phylosophy*, 19, pag. 76) ayant répandu des solutions de cuivre autour d'un jeune peuplier, celui-ci mourut en commençant par les branches inférieures. Le couteau employé pour couper l'arbre se recouvrit de cuivre. M. Wiegmann (*Annal. des scienc. nat.*, 17, p. 374) a confirmé ce fait.

On connaît d'ailleurs l'emploi important du sulfate de cuivre pour chauler les blés, proposé par Bénedict Prévost (*causes immédiates de la carie*). Nous reviendrons ailleurs sur cet objet pratique. L'utilité du sel de cuivre tient, à n'en pas douter, à l'action toxique du sel de cuivre sur les germes de la carie.

« Vogel père (*loco citato*) a vu que l'*hélianthus annuus*, l'*hesperis matronalis*, le *galega officinalis* périssaient très vite lorsqu'ils étaient plongés dans une dissolution contenant 1[40 de deutosulfate ou de deutoacétate de cuivre; il a vu également que ces sels étaient absorbés et convertis en protosulfate et en protoacétate de cuivre.

Les expériences que je viens de rapporter sont concordantes, elles laissent peu de chose à désirer; cependant, comme dans toutes la proportion du sel cuivre employé a été considérable, je crois utile de rapporter les résultats suivans de mes essais:

Le 26 juillet des tiges de *mimosa pudica* et de

mentha aquatica, pourvues de nombreuses racines adventives, furent plongées dans de l'eau contenant 1|200 de sulfate de cuivre en dissolution. Le 27 le *mentha* souffrait manifestement, le 28 le *mimosa* était influencé; le 30 toutes mes plantes étaient mortes, après avoir absorbé une petite proportion de sel de cuivre qu'on retrouvait dans les plantes après leur incinération. Le deutoacétate de cuivre me présenta des résultats exactement pareils.

Des sangsues furent placées dans une dissolution contenant 1|1000 de sulfate de cuivre ; elles ne tardèrent pas à ressentir la funeste influence de ce poison, après une heure elles étaient mortes.

De petits poissons furent mis à midi 25 minutes dans une dissolution contenant 1 millième de sulfate de cuivre ; à 1 heure 1|2 ils sont encore assez bien, à 2 heures ils sont très malades, ils meurent à trois heures moins un quart, une petite proportion du sel cuivré a été décomposée et précipitée à l'état de combinaison insoluble avec de la matière organique provenant des poissons.

On fit, d'une autre part, une dissolution contenant 1|1000 d'acétate de cuivre cristallisé, on y plongea une bouvière et un meunier; tous deux sont sur le flanc et très mal après trois quarts d'heure; ils meurent au bout d'une heure et demie; leurs branchies sont colorées en vert. Comme dans l'expérience précédente, une partie du sel de cuivre se précipita en combinaison avec la matière animale.

1 décigramme de deutoacétate de cuivre cristallisé fut dissous dans cinq cents grammes d'eau; de petits poissons furent plongés à une heure et demie dans cette dissolution. Ils paraissent peu affectés à deux heures et demie; à quatre heures ils sont très souffrans ; ils succombent à cinq heures.

Les faits connus, les expériences que je viens de rapporter, doivent faire considérer les sels de cui-

vre solubles comme des poisons généraux moins énergiques que les sels solubles de mercure, mais qui, comme eux, n'épargnent aucun être organisé vivant.

Sels de zinc.

M. Seguin a vu des bulbes de jacinthe et d'oignon périr dans une solution de sulfate de zinc.

M. Vogel a mis un *phaseolus vulgaris* dans une dissolution à 1/40 de sulfate de zinc; après vingt-quatre heures les feuilles commencèrent à prendre une teinte d'un vert pâle, se ridaient et se roulaient sur elles-mêmes. La plante morte avait absorbé une grande quantité de sulfate de zinc que l'on pouvait dissoudre par l'eau chaude.

Des tiges de *mentha aquatica, de polygonum orientale* pourvues de racines adventives, furent placées le 26 juillet dans des dissolutions contenant 1/200 de sulfate de zinc et 1/200 de chlorure de même métal. Le 28, dans les deux solutions, les plantes étaient visiblement languissantes; le 31, celles qui étaient plongées dans le chlorure de zinc étaient mortes, et le 1er août celles du sulfate.

Des sangsues furent plongées dans une dissolution contenant 1 millième de sulfate de zinc, elles résistèrent assez bien pendant plusieurs heures; mais après vingt-quatre heures elles étaient mortes.

A midi vingt-cinq minutes, de petits poissons (bouvière, éperlan de Seine, meunier) furent placés dans une dissolution contenant 1 millième de sulfate de zinc; ils sont assez bien à deux heures, à sept heures ils sont languissans; à neuf heures leurs mouvemens sont désordonnés; le lendemain ils sont morts.

Le chlorure de zinc au même degré de dilution a une action très comparable à celle du sulfate; elle est seulement un peu plus active. L'ex-

périence étant commencée en même temps, un des poissons plongés dans le chlorure était mort à sept heures du soir.

Sels de plomb.

Les oxydes de plomb étant insolubles dans l'eau n'exercent point une influence fâcheuse sur la végétation. Ainsi, M. de Humboldt a vu des graines germer dans un sol formé d'oxyde jaune de plomb, et M. Vogel dans l'oxyde rouge; mais les sels solubles agissent évidemment comme poisons. Ainsi, M. Marcet a vu des haricots souffrir dès le deuxième jour et périr le troisième dans une solution contenant 1 centième environ d'acétate de plomb. M. Vogel a vu que l'acétate de plomb en solution était absorbé par beaucoup de plantes, mais il a également remarqué qu'elles y mouraient très lentement. Le *malva sylvestris* et le *lactuca sativa* commencèrent à devenir jaunes au bout de six jours, et leurs feuilles, ayant fini par périr, contenaient de l'acétate de plomb susceptible d'être dissous par l'eau bouillante. D'autres plantes, au contraire, telles que l'*hesperis matronalis* et le *scorzonera hispanica* y périrent; mais elles ne contenaient plus d'acétate de plomb soluble dans l'eau bouillante; il fallait y ajouter de l'acide nitrique pour se convaincre de la présence du plomb.

Des plants bien vigoureux de *mentha sylvestris* furent placés le 26 juillet dans des solutions contenant 1|200 d'acétate neutre de plomb. Le 28, on ne remarqua aucun changement; le 30, plusieurs étaient souffrans, et tous étaient morts le 4 août.

Je constatai dans les tiges la présence de l'acétate de plomb non décomposé.

Des sangsues furent plongées dans une dissolution contenant 1|1000 d'acétate de plomb, elles y sont assez promptement influencées et mortes après douze heures.

De petits poissons furent plongés à midi vingt-cinq minutes dans une dissolution d'acétate de plomb contenant un millième de ce sel ; ils sont assez bien encore à deux heures et quart ; à cinq heures ils sont un peu souffrans ; à sept heures très affaiblis. Ils sont trouvés morts le lendemain.

Il est évident que l'action des sels de plomb solubles est chez les plantes comme chez les poissons infiniment moins rapidement toxique que celle des solutions de cuivre ou de mercure ; le sous-acétate de plomb agit avec plus d'énergie sur les poissons, mais cela tient évidemment à l'action mécanique sur les branchies de la petite proportion de sel décomposé. Deux petits poissons furent plongés à midi dans une solution contenant 1|1000 de sous-acétate de plomb, leur couleur changea un peu ; ils devinrent blancs et comme argentés; à sept heures du soir ils étaient très affectés, renversés sur le dos; à la surface du liquide; à neuf heures ils étaient morts.

Sels de fer solubles.

Les oxydes de fer et les sels de fer insolubles n'ont évidemment aucune action fâcheuse sur la végétation ; en effet, ces composés se rencontrent habituellement dans les terrains fertiles ; il n'en est pas de même des sels solubles. Davy avait déjà remarqué que du sulfate de fer avait déterminé la stérilité d'un terrain. Mais c'est un des sels métalliques les moins nuisibles, et peut-être à dose extrêmement affaiblie ne déterminerait-il aucun effet fâcheux et aurait-il dans des cas déterminés une influence heureuse comme M. Legris l'a annoncé.

Des tiges de *mentha sylvestris* furent plongées le 26 juillet dans une dissolution contenant 1|200 de sulfate ferreux. Le 30, la plante végétait encore très bien ; le 3 août, elle était affectée, et le 7 elle était morte.

Un gramme de protosulfate de fer fut dissous

dans un litre d'eau. De petits poissons furent plongés à midi 25 minutes dans cette dissolution. Après une heure, ils ne paraissaient nullement affectés; à sept heures du soir, l'un des deux était mort, et le lendemain tous les deux.

Sulfate de magnésie et sulfate de soude.

Les expérimentateurs ne sont pas d'accord sur l'action du sulfate de magnésie sur la végétation; cela tient, à n'en pas douter, à des différences, soit dans le dosage du sel, soit dans le temps pendant lequel l'expérience a été continuée. M. Marcet a vu que le sulfate de magnésie, à la dose de 1|30, n'avait aucun effet fâcheux sur les haricots qui y étaient plongés par les racines. M. Wiegman est arrivé aux mêmes conclusions. D'autre part, M. Séguin a vu des bulbes de jacinthes et d'oignons périr dans une solution de sulfate de magnésie, et John a trouvé que les plantes végétaient mal dans un sol qui contenait une petite proportion de nitrate de magnésie.

M. Vogel a vu qu'un *helianthus annuus* plongé dans une dissolution, à 1|30, de sulfate de magnésie y périssait, au bout de quelques jours, le sel étant absorbé par la plante.

Un plant de *mentha sylvestris,* vigoureux et pourvu de nombreuses racines adventives, fut placé, le 26 juillet, dans une dissolution contenant 1|200 de sulfate de magnésie. La température était élevée, l'absorption était très active. Le 28, la plante continuait à croître et n'avait nullement souffert; le 30 elle commence à souffrir, mais elle résiste jusqu'au 10 août. Elle absorba pendant ce temps une proportion très notable de sulfate de magnésie.

En augmentant la proportion du sel, l'action nuisible s'accroît également.

J'ai dissous 1 gramme de sulfate de magnésie dans un litre d'eau, les petits poissons qu'on plon-

gea dans cette dissolution n'en éprouvèrent aucun effet nuisible; après 24 heures ils se portaient comme au moment de l'immersion; il devint alors nécessaire d'augmenter la dose du sel.

Une solution contenant 1|100 de sulfate de magnésie n'agit nullement sur les poissons, ils vivent très bien dans ce liquide.

Je fis dissoudre 50 grammes de sulfate de magnésie dans un litre d'eau, deux petits poissons furent plongés dans cette dissolution dont la densité est beaucoup plus considérable que celle de l'eau de la mer; sa saveur est très amère, elle contient trois fois environ plus de sulfate de magnésie que l'eau de Sedlitz naturelle, et cependant les deux petits poissons y vécurent très bien pendant trois jours, l'un des deux fut trouvé mort le quatrième jour, mais l'autre était bien vivant, la liqueur avait pris une odeur fétide.

Si on augmente encore la proportion du sel et si on la porte à 1|10, son influence nuisible se fait alors sentir, les poissons viennent sur le flanc à la partie supérieure du liquide, et périssent après 4 heures.

Le sulfate de soude se rapproche complétement de l'action du sulfate de magnésie, tant sur les plantes que sur les poissons, comme le démontrent les expériences suivantes :

Un plant de *mentha sylvestris* fut plongé le 26 juillet dans une dissolution contenant 1|200 de sulfate de soude, le 28 cette menthe continuait à croître et n'avait nullement souffert, le 30 elle commença à dépérir, mais elle n'était morte que le 12 d'août; on put constater qu'elle avait absorbé du sulfate de soude; de même que pour le sulfate de magnésie, en augmentant la proportion du sulfate de soude, son influence nuisible se fait plus tôt sentir.

Des sangsues furent placées dans une dissolution contenant 1|100 de sulfate de soude, elles fu-

rent moins rapidement impressionnées que dans une dissolution analogue de sel marin, mais elles finirent par dégorger, et elles ne tardèrent pas à y succomber.

Une dissolution de sulfate de soude à 1/1000 ne produit aucun effet nuisible sur les poissons.

De petits poissons plongés dans des dissolutions contenant 1/100 ou 1/50 de sulfate de soude n'en ressentent aucune influence fâcheuse; comme pour le sulfate de magnésie la solution fut élevée à 1/20. Après 24 heures, deux poissons qu'on y avait plongés étaient bien vivans; après 48 heures l'un des deux meurt, mais l'autre se porte bien encore après 4 jours. Les poissons ne résistent pas longtemps à une solution contenant 1/10 de sulfate de soude, ils viennent bientôt à la surface du liquide, et comme pour le sulfate de magnésie ils périssent après 4 heures.

L'innocuité des sulfates de soude et de magnésie sur les poissons est fort remarquable. Si les dissolutions étendues agissent davantage sur les plantes, cela tient à une circonstance particulière, la plante absorbe incessamment la dissolution, l'eau s'évapore et le sel reste à l'état de concentration dans la plante, et son action nuisible se fait alors sentir.

Sulfate de potasse.

Davy assure (*Chimie agricole*) que des plantes qu'on arrosait avec des solutions à 1/300 de sulfate de potasse végétèrent comme à l'ordinaire. Mais, je le répète encore, quand on arrose avec des solutions salines suffisamment étendues des plantes végétant dans un bon terrain et qu'on ne recherche point dans la plante le sel de la solution, rien ne prouve qu'il ait été réellement absorbé.

Je plaçai un plant de *mentha sylvestris* dans une

dissolution à 1/200 de sulfate de potasse, l'expérience fut commencée le 26 juillet, le 29 les feuilles commencèrent à se crisper, et le 7 août elle était morte.

Je fis dissoudre dans un litre d'eau 10 grammes de sulfate de potasse ; trois petits poissons furent plongés dans cette dissolution ; pendant les trois premières heures ils résistèrent bien, quoiqu'un peu plus agités que dans l'eau pure ; le lendemain ils furent trouvés morts.

Cette observation est intéressante parce qu'elle nous montre que le sulfate de potasse possède une action spéciale que n'ont point les sulfates de soude et de magnésie ; elle nous montre qu'on doit attacher une grande importance aux faits qui ont été dernièrement signalés, que chez l'homme, dans certaines conditions, le sulfate de potasse employé aux doses où l'on prescrit habituellement les sulfates de soude ou de magnésie, peut être toxique.

Phosphate de soude.

Le phosphate de soude ou de potasse se rencontre dans un grand nombre de végétaux, aussi son influence, lorsqu'il est en solution convenablement étendue, n'est-elle pas ou peu nuisible.

Des plants vigoureux de *mentha sylvestris*, de *polygonum tinctorium* furent placés dans de l'eau contenant 1/200 de phosphate de soude ; les dix premiers jours je ne remarquai aucun effet nuisible, mais les plantes dépérirent peu à peu avant d'avoir achevé les phases de leur végétation.

J'ai réduit la proportion du sel à 1/1000, à cette dilution je n'ai remarqué aucun effet nuisible appréciable.

De petits possons furent plongés dans une dissolution contenant 1/1000 de phosphate de soude cristallisé. Ils ne ressentirent aucune influence fâcheuse de la présence de ce sel. La solution fut

immédiatement portée au centième, et après quarante-huit heures de ce séjour dans ce liquide, ils étaient encore bien vivans.

D'autre part, de petits poissons furent plongés dans une dissolution contenant 1/50 de phosphate de soude; ils souffrirent immédiatement, et une heure après ils étaient morts.

Ces expériences prouvent que le phosphate de soude doit encore être considéré comme très innocent ; il s'est montré cependant un peu plus actif que les sulfates de soude et de magnésie.

Acétate de soude.

J'ai essayé l'action de l'acétate de soude à une dilution de 1|200 sur deux plantes, la *mentha sylvestris* et le *mimosa pudica*, je trouve dans mes notes que les résultats obtenus n'ont pas été parfaitement conformes. En effet, j'ai plongé le 26 juillet la *mentha* dans la dissolution, le 28 elle était souffrante, et le 29 elle était desséchée après n'avoir absorbé qu'une faible proportion du sel de soude. Le 15 septembre le plant de sensitive fut plongé dans une dissolution pareille; le 22, seulement, on commença à remarquer un peu de dépérissement, les feuilles étaient toutes tombées le 25 ; mais la plante, dont l'absorption était très faible, n'était pas encore morte.

De petits poissons furent plongés dans une dissolution contenant 1|1000 d'acétate de soude, ils n'en ressentirent aucune fâcheuse influence; la proportion du sel fut augmentée et portée à 1|100, l'effet fut encore nul, ils furent retirés de cette solution bien portans après trois jours; à 1|50 aucun effet nuisible ne fut observé, mais à un 1|25 ils furent trouvés morts après vingt-quatre heures.

L'acétate de soude ne paraît pas agir sur les poissons avec beaucoup plus d'énergie que les sulfates de soude et de magnésie.

Borate de soude.

Des plants de *mentha aquatica*, *poterium sanguisorba*, *polygonum orientale* furent plongés dans une dissolution contenant 1|200 de borate de soude : après trois jours on ne remarquait aucune influence fâcheuse ; mais après quatre à cinq jours les plantes dépérissaient, elles se desséchèrent après dix à quinze jours. Toutes avaient absorbé du borate de soude.

A 1|1000 de dilution le borate de soude ne m'a pas paru nuisible aux plantes.

Trois petits poissons furent plongés dans une dissolution contenant 1|1000 de borate de soude, l'un fut trouvé mort au bout de deux jours, mais les deux autres se portaient encore très bien deux jours après.

La proportion de borate fut augmentée et portée immédiatement à 1|100, son influence nuisible se fait alors très énergiquement sentir ; trois poissons furent plongés dans cette dissolution ; les deux plus gros sont sur le flanc après une demi-heure, le plus petit après une heure, tous les trois sont morts après trois jours.

Le borate de soude est beaucoup plus énergique que le sulfate de soude et de magnésie et que le phosphate de soude ; cela tient peut-être à son alcalinité.

Chlorure de sodium.

L'action du sel marin sur les végétaux est diversement interprétée, en petite dose il ne paraît nuire à aucun, on a même admis qu'il pouvait être considéré comme un utile amendement. Dès qu'il est en trop forte quantité, il nuit à la plupart des végétaux et finit par les tuer. Rafn assure qu'il suffit de 1|200 de sel marin en dissolution dans l'eau pour retarder la végétation et même pour tuer

les plantes ; d'autres auteurs disent sur des expériences en pleine terre, et, par conséquent, moins précises, qu'il excite la végétation.

Je me suis arrêté aux mêmes doses que Rafn avait adoptées dans une solution de sel marin à 1|200, j'ai placé des plants bien vigoureux de *mentha aquatica*, de *polygonum orientale* et de *mimosa pudica*. Au premier abord, l'action utile de cette solution fut manifeste, les plantes végétèrent pendant deux jours avec plus de force que de mêmes plantes conservées dans de l'eau pure, mais après cinq jours les choses changèrent, elles commencèrent à dépérir, et le vingt-cinquième jour elles étaient mortes sans avoir accompli, comme cela arrive, dans l'eau pure, au moins pour deux des plantes employées, la *mentha* et le *polygonum*, toutes les phases de leur végétation.

Ainsi les contradictions sur l'action du sel marin sur les plantes se trouvent expliquées ; à petites doses, il excite la végétation, mais vient-il à se concentrer dans la plante par l'évaporation continuelle de l'eau absorbée, il agit alors comme poison.

L'action du sel marin en forte quantité sur les sangsues est trop connue pour qu'il soit nécessaire d'insister sur ce sujet.

De petits poissons d'eau douce furent plongés dans de l'eau contenant 1|1000 de sel marin, aucun effet ne fut observé, la dose du sel fut portée à 1|100, ils étaient encore bien vivans après trente heures d'immersion dans ce liquide, mais dans une solution à 1|50 ils ne tardèrent pas à souffrir et ils furent trouvés morts après vingt-quatre heures.

Chlorure de barium.

Marcet assure que le chlorure de barium a sur les végétaux le même effet nuisible que l'acétate de plomb. M. Vogel cite le chlorure de barium, le

carbonate et l'hydrate de baryte au nombre des matières où la végétation n'a pas lieu.

Des plants vigoureux de *mentha sylvestris*, de *mimosa pudica* furent placés dans une solution contenant 1|200 de chlorure de barium, le 15 septembre. Le 18 on ne remarqua aucun effet nuisible appréciable; le 20 les plantes commencent à souffrir, et du 23 au 25 elles étaient mortes. Le chlorure de barium est évidemment plus nuisible que les sels de potasse et de soude. Mais il l'est certainement moins que les sels de plomb. L'expérience sur les poissons vient confirmer ces données, elles tendraient même à faire considérer le chlorure de barium comme moins dangereux pour les poissons que certains sels de potasse.

De petits poissons furent plongés dans une dissolution contenant 1|1000 de chlorure de barium, ils ne ressentirent aucun effet du sel de barium employé à cette dose qui fut alors augmentée et portée à 1|100. Rien encore d'apparent après trois heures, mais après vingt-quatre heures un des deux (la bouvière) fut trouvé mort, l'autre (le véron) était extrêmement affecté, mais il résista encore pendant deux jours. Les branchies étaient pâles et décolorées.

Chlorure de calcium.

On sait que le chlorure de calcium est infiniment moins dangereux pour les animaux supérieurs que le chlorure de barium; eh bien, pour les poissons c'est l'inverse qui est vrai. Chez les plantes l'action est peu différente. Des plants de *mentha sylvestris* et de *polygonum orientale* furent plongés dans des dissolutions contenant 1|200 de chlorure de calcium; ils continuèrent à absorber avec autant de rapidité pendant les trois premiers jours, mais peu à peu les feuilles se fanèrent et tous les plantes étaient mortes au bout de dix jours.

De petits poissons furent plongés dans une dis-

solution contenant 1|1000 de chlorure de calcium, rien d'apparent après deux heures de séjour dans ce liquide, mais le lendemain, après vingt-deux heures, ils furent trouvés morts, les branchies étaient pâles mais assez résistantes.

Nitrate de potasse.

L'action du nitrate de potasse sur les plantes présente des contradictions dans les observations publiées. On prétend que les jardiniers s'en servent avec succès pour accélérer la végétation des oignons. Tromsdorf dit que deux branches de menthe poivrée furent plongées, l'une dans l'eau pure, l'autre dans de l'eau qui tenait du nitre en solution. La première a pompé 145 grains et la deuxième 348. Barton dit, au contraire, que quelques grains de nitre ont suffi pour faire périr un kalmia. M. Vogel plongea un individu de *matricaria parthenium* dans une dissolution à 1|30 de nitrate de potasse, il commença à se flétrir après deux jours et mourut au bout de quatre jours, tandis qu'un autre individu de la même espèce, plongé dans une dissolution de sulfate de chaux, y conserva, pendant huit jours, toute sa fraîcheur. Les plantes qui étaient restées quelques jours dans la dissolution de nitrate de potasse se couvrirent sur la surface de leurs feuilles de petits cristaux blancs qui n'étaient autre chose que du nitrate de potasse. Ces contradictions sur l'action du nitrate de potasse tiennent encore à l'influence des doses et du temps pendant lequel les observations ont été continuées.

Des plants de *mentha aquatica*, *mimosa pudica poterium sanguisorba* furent placés, le 26 juillet, dans de l'eau tenant en dissolution 1|200 de nitrate de potasse. Le 28, ces plantes étaient bien vigoureuses, quelques unes mêmes, et en particulier le *poterium*, semblaient avoir pris un dévelop-

pement plus prompt que dans l'eau pure. Le 31, aucune d'elles ne paraissait souffrir encore, mais vers le 5 ou 7 août on remarqua un dépérissement manifeste ; le 15, toutes les plantes étaient mortes après avoir absorbé une proportion notable de nitrate de potasse.

Trois petits poissons furent plongés dans une dissolution contenant 1|1000 de nitrate de potasse, ils n'en ressentirent aucune influence nuisible, après trois jours ils étaient encore très bien portans. La dissolution fut immédiatement portée à 1|100. Aucun effet apparent après trois heures, les mouvemens sont vifs sans être désordonnés, mais ils sont trouvés morts après vingt-quatre heures d'immersion, les branchies ne présentent aucune altération, elles sont aussi rouges qu'à l'état normal.

Chlorate de potasse.

Des plants vigoureux de ***mentha aquatica***, de ***polygonum tinctorium***, de ***mimosa pudica*** furent placés dans une solution contenant 1|200 de chlorate de potasse. Cette dissolution fut pompée par ces plantes comme de l'eau pure ; pendant les trois premiers jours elles ne souffraient nullement, la végétation du *mimosa* et du *mentha* paraissait même un peu plus active ; mais après cinq jours, elles commencèrent à souffrir, et au bout de dix à quinze jours elles étaient mortes

De petits poissons furent plongés dans des dissolutions contenant 1|1000 de chlorate de potasse et ils n'en ressentirent aucune influence fâcheuse.

La proportion du chlorate de potasse fut immédiatement portée à 1|100. Après deux heures d'immersion, ils n'en ressentaient aucun effet fâcheux ; mais le lendemain ils furent trouvés morts, leurs branchies étaient pâles sans être attaquées.

L'action du chlorate de potasse sur les plantes

et sur les poissons est tout-à-fait comparable à celle du nitrate de potasse.

Chromate de potasse.

M. Vogel a vu qu'un *helianthus annuus* plongé dans une dissolution de bichromate de potasse, commençait déjà à s'incliner après quelques heures, les feuilles devinrent jaunes jusqu'à la partie supérieure de la plante, et à leur surface s'effleurissaient de petits cristaux de bichromate de potasse.

J'ai placé dans une dissolution contenant 1|200 de bichromate de potasse des tiges de *mentha sylvestris*, *polygonum tinctorium*, *mimosa pudica*. Dans tous les cas le sel chromique manifesta très promptement sa funeste influence ; les plantes souffraient après un et deux jours, et elles étaient mortes après trois et cinq jours. Dans tous les cas le sel fut absorbé.

De petits poissons furent plongés dans une dissolution contenant 1|1000 de bichromate de potasse ; après vingt-cinq minutes ils sont affectés : l'expérience était commencée à une heure et demie, ils résistent jusqu'à huit heures du soir, les branchies sont pâles et décolorées.

Chromate neutre de potasse.

Lechromate neutre de potasse est moins nuisible aux végétaux que le bichromate ; en effet, des plants de *mentha aquatica*, de *poterium sanguiserba* furent placés dans de l'eau contenant 1|200 de chromate de potasse ; ces végétaux après deux jours n'avaient nullement souffert, quoique avant absorbé une proportion notable de la dissolution, mais ils finirent par se dessécher après huit et douze jours.

De petits poissons furent plongés dans une dissolution contenant 1|1000 de chromate de potasse ; ils sont beaucoup moins affectés que dans le bi-

chromate ; le lendemain ils sont trouvés vivans. La dose fut portée alors à 1|500 ; après quatre heures d'immersion ils sont encore assez tranquilles, mais le lendemain ils furent trouvés morts.

Iode et iodure de potassium.

Cantu a annoncé (Ann. Soc. d'Hortic. Paris, 7, p. 193) que des graines placées dans du sable pur et arrosées avec une solution d'iode levaient plus promptement que des graines semées à l'état ordinaire et les surpassaient en vigueur et en élévation. Vogel, au contraire, cite l'iode parmi les matières où la germination est faible ou nulle ; mes expériences, comme on va le voir, confirment complétement cette dernière assertion.

Des plants de *mentha sylvestris*, *mimosa pudica*, *polygonum orientale*, furent placés dans de l'eau chargée d'iode à la température ordinaire et n'en contenant pas 1|700 de son poids. Cette solution agit très vivement sur les plantes ; l'observation fut commencée le 15 septembre, le 17 les feuilles inférieures étaient desséchées, les supérieures vivaient encore, mais le 18 les trois plantes étaient mortes. Si de l'iode a été absorbé et transporté dans les feuilles, la quantité en a été inappréciable.

De petits poissons furent plongés dans la même solution d'iode, ils furent vivement affectés à l'instant même et ils succombèrent dans l'espace de deux heures ; les branchies étaient pâles et ramollies.

Si on augmente la proportion d'iode, l'action est encore plus prompte. 1 gramme d'iode fut dissous dans un litre d'eau à l'aide d'un gramme d'iodure de potassium. Si on plonge des poissons dans cette dissolution, il sont affectés à l'instant même et périssent dans l'espace de cinq ou dix minutes, ils sont fortement teints en jaune et ramollis. Les

sangsues qu'on y plonge y remuent à peine, y périssent après cinq minutes.

L'action de l'iodure de potassium sur les plantes a été étudiée par M. Vogel. Il employa des dissolutions contenant 1|50 de sel, et il vit que cette liqueur avait une influence aussi active que nuisible : un individu de *datura stramonium* en fleurs y périt au bout de douze heures. M. Vogel constata l'absorption de l'iodure de potassium.

J'ai essayé l'action des dissolutions à 1|200 d'iodure de potassium sur les plantes de *mimosa pudica*, *polygonum orientale*, *mentha aquatica*, toujours j'ai constaté l'action promptement nuisible de ces dissolutions. Les plantes se dessèchent deux, trois ou cinq jours après avoir absorbé de l'iodure de potassium.

La rapidité de l'action nuisible de l'iodure de potassium sur les végétaux pourrait nous faire penser que ce sel serait promptement mortel pour les poissons, il n'en a pas été ainsi complétement. En effet, trois petits poissons furent plongés dans une dissolution contenant 1|1000 d'iodure de potassium, ils n'en ressentirent aucune influence fâcheuse, et ils étaient encore bien vivans après 48 heures, la dose du sel fut immédiatement portée à 1|100. Après deux heures, rien d'apparent, le lendemain l'un des trois fut trouvé mort, les deux autres sont très souffrans, mais résistent encore vingt-quatre heures. Des sangsues vivent bien dans une dissolution contenant 1|100 d'iodure de potassium.

On le voit, l'action de l'iodure de potassium est incomparablement moins funeste aux poissons que l'action de l'iode à des doses infiniment plus faibles; ceci est conforme à ce qui a été observé sur des animaux plus élevés dans la série.

Brome.

Des plants vigoureux de *mentha sativa*, *poly-*

gonum orientale et de *mimosa pudica* furent plongés dans la dissolution suivante (Eau, un litre; brome, dix gouttes). Le lendemain les feuilles commencèrent à se crisper, après trois jours toutes les plantes étaient mortes.

De petits poissons furent placés dans un litre d'eau contenant 2 gouttes de brome; au premier abord, ils paraissent fort agités, mais, peu à peu, la vivacité des mouvemens diminue; ils sont morts après une heure.

Avec quatre gouttes de brome pour un litre d'eau, ils se mettent sur le flanc en moins d'une minute, ils demeurent dans un état d'immobilité presque complète, et succombent après trois quarts d'heure.

Chlore et chlorure de soude.

M. de Humboldt a observé que le chlore jouissait de la propriété d'accélérer la végétation, mais il faut que la proportion de cette substance soit bien faible; car les plantes périssent bien vite dans des solutions qui en contiennent de faibles proportions; en effet, deux grammes de chlore liquide furent mélangés à 200 grammes d'eau. On plongea dans ce liquide des plants de *polygonum orientale* et de *mentha sylvestris* doués d'un grand pouvoir absorbant. Après deux jours ces deux plants étaient morts. Des résultats pareils furent observés en remplaçant le chlore liquide par du chlorure de soude.

De petits poissons furent plongés dans de l'eau contenant 1/1000 de chlorure de soude liquide. Ce mélange les influence vivement. Après une demi-heure ils sont sur le flanc; ils sont morts au bout d'une heure et demie, les branchies sont rouges.

Alcalins.

Potasse caustique. M. Marcet a vu que la po-

tasse caustique étendue de deux fois son poids d'eau tuait les haricots en vingt-quatre heures. La solution alcaline était beaucoup trop concentrée pour qu'on puisse espérer de voir les plantes y résister.

Dans une dissolution contenant 1|200 de potasse caustique j'ai plongé, le 29 juillet, des plants vigoureux de *mentha aquatica*, de *polygonum orientale*, de *mimosa pudica*, et ils commencèrent à souffrir presque immédiatement, le 3 août quelques feuilles étaient desséchées, la tête de la menthe et du polygonum était penchée, le 10 toutes les plantes étaient mortes.

Des sangsues furent plongées dans de l'eau contenant 1|1000 de potasse caustique, elles y souffrent immédiatement et y périssent en quinze minutes.

Deux petits poissons furent plongés dans de l'eau contenant 1|1000 de potasse caustique: ils souffrent beaucoup immédiatement, s'agitent vivement, l'eau se trouble par d'abondantes mucosités, ils périssent après vingt minutes, leur corps est recouvert d'un enduit gluant.

La *soude caustique* agit sur les plantes, sur les sangsues et sur les poissons comme la potasse caustique.

Des plants de *salix fissa* furent plongés dans une dissolution contenant 1|200 de carbonate de potasse. Le lendemain on s'aperçut déjà que toutes les racines adventives étaient colorées en brun, les feuilles ne tardèrent pas à se faner et au bout de trois jours elles étaient désséchées.

La dissolution de carbonate de potasse fut réduite à 1|1000. Les plants de *salix* y résistèrent parfaitement bien; les spongioles ne furent point noircies, et les tiges se développèrent avec plus d'énergie que dans l'eau pure; cette solution paraît évidemment favorable, et les résultats se sont soutenus les mêmes pendant trois mois.

Deux petits poissons furent plongés dans une dissolution contenant 1|1000 de carbonate de potasse; ils n'y paraissent pas souffrans au premier abord, mais après vingt-huit heures ils y périssent.

Des plants de *salix fissa* furent plongés dans une dissolution contenant 1|200 de bicarbonate de potasse : pendant les trois premiers jours ils parurent en aussi bon état que dans l'eau pure, mais les racines adventives commencèrent à noircir, les feuilles à perdre leur état turgide, et après trois semaines elles étaient toutes desséchées.

La proportion du bicarbonate de potasse fut réduite à 1|1000. Les plants ne parurent aucunement souffrir dans cette dissolution, les racines conservèrent leurs couleurs, les jeunes rameaux parurent plus vigoureux pendant le premier mois que sur des plants qui étaient conservés dans l'eau pure.

Le *bicarbonate de potasse* est infiniment moins nuisible aux poissons que le carbonate. En effet, on plongea deux cyprins amers dans une dissolution contenant 1|1000 de bicarbonate de potasse, après trois jours ils n'en éprouvèrent aucune action nuisible. La solution fut alors portée à 1|100, ils y vécurent bien pendant vingt-quatre heures. On augmenta encore la proportion du sel, mais une solution contenant 1|50 de bicarbonate de potasse les fait périr après quelques heures.

Eau de chaux.

M. Carradori a annoncé (*Gior. di Pisa*, 1808, p. 296.) que des graines semées dans de l'eau de chaux avaient levé comme à l'ordinaire, mais il est probable que l'accès de l'air n'aura pas été convenablement interrompu et que l'acide carbonique aura saturé la chaux.

Des plants de *mimosa pudica*, de *mentha syl-*

vestris furent placés dans l'eau de chaux, les tiges traversaient des bouchons forés avec soin et les flacons étaient exactement bouchés, l'eau de chaux était renouvelée chaque jour. En opérant ainsi, les plantes paraissaient souffrantes après vingt-quatre heures, elles périrent au bout de dix et douze jours.

Des sangsues gorgées furent placées dans de l'eau de chaux; elles y souffrent beaucoup, dégorgent presque immédiatement et meurent après vingt minutes.

De petits poissons furent plongés dans l'eau de chaux ; ils souffrent immédiatement et périssent après vingt-cinq minutes.

Ammoniaque et sels ammoniacaux.

J'ai exposé séparément l'action des sels ammoniacaux sur les plantes. Je vais actuellement traiter de l'action de ces mêmes agens sur les sangsues et les poissons.

Des sangsues plongées dans de l'eau contenant 1|1000 *d'ammoniaque liquide* s'y agitent extrêmement et ne tardent pas à y périr. De petits poissons plongés dans la même dissolution sont vivement affectés à l'instant même; après cinq minutes ils se renversent et succombent entre vingt et trente minutes.

Des sangsues furent plongées dans une dissolution contenant 1|1000 de *carbonate d'ammoniaque*; elles sont immédiatement extrêmement agitées et succombent en moins d'une heure.

Trois petits poissons furent plongés dans une dissolution contenant 1|1000 de carbonate d'ammoniaque; ils sont immédiatement affectés et succombent après vingt minutes.

Nitrate d'ammoniaque.

Des sangsues furent plongées dans une disso-

lution contenant 1|1000 de nitrate d'ammoniaque ; elles n'éprouvèrent au bout de vingt-quatre heures aucun effet nuisible. Des petits poissons furent plongés dans la même dissolution ; après deux heures ils n'en paraissaient aucunement incommodés, mais après deux heures et demie, on remarque qu'ils commencent déjà à être affectés. Après vingt-deux heures, l'un est mort, l'autre est sur le flanc et très malade à la surface de l'eau, il résiste encore ainsi dans cet état de souffrance pendant deux jours. Les branchies sont rouges, non altérées.

Hydrochlorate d'ammoniaque.

De petits poissons furent plongés dans une dissolution contenant 1|1000 de chlorhydrate d'ammoniaque. On n'observe rien après deux heures. Le meunier est sur le flanc au bout de deux heures et demie et mort après trois heures moins un quart ; les autres (bouvières) résistent plus long-temps, ils sont trouvés morts le lendemain ; les branchies sont rouges et non altérées.

Urée.

L'urée présente des rapprochemens de composition remarquables avec le carbonate d'ammoniaque ; il est curieux d'observer si l'action qu'elle exerce sur les plantes et sur les poissons présente quelque analogie. Des plants vigoureux de *mentha sylvestris* et de *polygonum orientale* furent placés dans une dissolution contenant 1|1000 d'urée ; pour éviter toute décomposition, la dissolution était changée tous les deux jours ; on ne remarqua aucune influence nuisible ; après dix jours, les plantes semblaient avoir mieux prospéré que dans l'eau pure ; la dissolution fut alors portée à 1|200 ; son influence nuisible fut assez longue à se faire

sentir, mais après six jours, l'absorption avait beaucoup diminué, les plants souffraient manifestement; ils étaient tous morts après quinze jours.

Des poissons furent placés dans une dissolution contenant 1|1000 d'urée; après quarante-huit heures, ils n'en éprouvèrent aucune influence nuisible; voyant l'innocuité de l'urée à 1|1000, la dose fut immédiatement portée à 1|100; ils n'éprouvèrent aucune influence fâcheuse de cette dissolution, et ils étaient encore bien vivans après quarante-huit heures. La proportion d'urée à l'eau fut alors élevée à 1|50 ou 20 grammes pour un litre, les poissons ne semblent pas d'abord souffrir beaucoup dans cette dissolution, mais ils furent trouvés morts après vingt-quatre heures.

On le voit, l'action de l'urée sur les plantes et les végétaux ne saurait, en aucune manière, être comparée à celle du carbonate d'ammoniaque; les poissons, par exemple, meurent presque immédiatement dans une dissolution contenant 1|1000 de carbonate d'ammoniaque, et ils résistent parfaitement bien dans une dissolution à 1|100 d'urée.

Urine.

Tous les cultivateurs savent que l'urine, employée pure, tue les végétaux, mais on admet aussi que l'urine convenablement étendue constitue un engrais extrêmement utile. Le fait est évident, l'expérience journalière le démontre lorsqu'on opère sur des végétaux vivans dans la terre et dans des circonstances convenables; mais, lorsque l'on opère sur des plants placés dans l'eau, alors l'urine étendue même de dix fois son poids d'eau, devient bientôt nuisible, car son urée se convertit en carbonate d'ammoniaque, qui agit comme poison dans cette condition déterminée. Nous exposerons ailleurs les causes de l'utilité de l'urine considérée

comme engrais. L'urine non altérée serait certainement beaucoup moins nuisible comme le prouvent les expériences suivantes sur les poissons.

Des poissons furent placés dans de l'urine refroidie, ils y sont vivement affectés ; ils sont renversés au bout de dix minutes, et périssent après vingt et trente minutes.

Evidemment, il existe dans l'urine un autre principe nuisible que l'urée ; nous verrons bientôt, quoique cela paraisse actuellement paradoxal, que c'est l'acide libre.

Dans de l'urine étendue de cinq fois son poids d'eau, des poissons résistèrent pendant vingt-quatre heures sans manifester aucune souffrance.

Acides étendus.

L'action des acides dilués tant sur les plantes que sur les animaux à branchies nous a offert des résultats neufs et bien dignes de fixer, selon nous, l'attention des physiologistes sous plus d'un rapport. — Plusieurs expériences ont été déjà tentées sur l'action des acides sur les plantes et sur les animaux, mais ils étaient par trop concentrés, et des phénomènes importans ont échappé aux observateurs.

Deux plants, l'un de *mimosa pudica*, l'autre de *mentha sylvestris*, furent plongés chacun dans un flacon contenant 200 grammes d'eau pure additionnée de 20 gouttes d'acide chlorhydrique ; l'expérience fut commencée le 15 septembre ; le 17 les feuilles supérieures des deux plants commencent à être affectées, le 18 elles tombent ou se dessèchent ; mais, chose extrêmement remarquable, les parties submergées des tiges vivent encore, les feuilles sont encore vertes, et résistent plusieurs jours. Les extrémités des spongioles sont fortement attaquées, et, examinées au microscrope, plusieurs cellules sont brisées ou affaissées ; l'eau

acidulée en a opéré une véritable dissolution, et alors l'absorption du liquide par les spongioles est demeurée interrompue; les parties supérieures de la tige ne recevant plus d'eau pour réparer celle qui s'évaporait incessamment se sont flétries et ont péri; les parties plongées, vivant au contraire au milieu du liquide, n'ont pas eu besoin de l'intermédiaire des spongioles pour rester turgides, elles sont demeurées vertes et vivantes.

Des sangsues gorgées, mais bien vives, furent plongées dans de l'eau contenant pour un litre 24 gouttes d'acide chlorhydrique; elles sont instantanément beaucoup agitées, elles rendent l'eau fortement glaireuse, dégorgent un peu, et sont trouvées mortes après une heure et demie.

Des petits poissons bien vivans (bouvières, goujons, meuniers) furent plongés dans un litre d'eau contenant également 24 gouttes d'acide chlorhydrique. Après dix minutes, leurs mouvemens deviennent incertains, désordonnés, ils nagent involontairement dans les directions les plus anormales, puis restent impassibles. Deux sont morts après trois quarts d'heure, les autres vivent à peine.

A l'examen anatomique les branchies nous ont offert de très remarquables altérations; elles ne sont plus rosées, mais pâles, ramollies; examinées au microscope, elles nous ont paru transformées en une véritable bouillie pultacée.

L'action toxique si remarquable de l'acide chlorhydrique trouve maintenant une explication satisfaisante. La vie cesse chez les poissons plongés dans de l'eau acidulée avec demi-millième d'acide chlorhydrique, parce que l'organe respiratoire, qui n'est point protégé par du mucus ou par de l'épiderme, éprouve une véritable dissolution; l'organe étant détruit, la fonction la plus importante se trouve interrompue et l'animal périt.

L'action si rapide d'une dissolution si faible, qu'il

rougit à peine le tournesol, qui n'a pas de saveur acide sensible, nous a suggéré la pensée de vérifier à quelle dilution il faudrait s'arrêter pour voir cesser l'action nuisible de cette solution acide.

Deux gouttes d'acide chlorhydrique furent mêlées avec un litre d'eau. Cette dissolution ne manifesta aucun effet nuisible; avec quatre gouttes on ne remarqua aucun effet, mais on agissait dans cette expérience sur de l'eau de Seine filtrée, et il est possible que ces quatre gouttes d'acide chlorhydrique aient à peine suffi pour saturer les carbonates de chaux et de magnésie en dissolution dans l'eau.

Huit gouttes d'acide chlorhydrique furent ajoutées dans un litre d'eau de Seine, qui manifestait alors une réaction à peine acide; les poissons ne tardent pas à se trouver affectés dans cette dissolution, ils sont affaiblis; quand ils se sont élevés en nageant à la surface du liquide, ils tombent involontairement au fond du vase, et ils périssent six à huit heures après le commencement de l'expérience.

Les branchies sont encore pâles et décolorées. Leurs cellules superficielles sont détruites et converties en un enduit pultacé.

La quantité d'acide réelle n'était pas supérieure dans cette expérience à 2|10000.

Rien, avant nos premières observations, ne pouvait faire prévoir qu'une si faible quantité d'acide chlorhydrique aurait une influence si considérable sur les plantes et sur les animaux à branchies. On peut déjà être frappé d'un rapprochement singulier entre des êtres si différens, de nouveaux faits d'une grande valeur viendront bientôt donner plus d'importance encore à ce rapprochement.

Les autres acides exercent sur les plantes une action exactement comparable à celle de l'acide chlorhydrique.

Des plants vigoureux de *mentha sylvestris* furent plongés dans une dissolution contenant 1|200 d'acide nitrique. L'expérience fut commencée le 29 juillet ; presque immédiatement on remarqua un affaissement des végétaux, ils étaient morts le 2 août.

Des sangsues furent plongées dans de l'eau contenant 1|1000 d'acide nitrique ; elles paraissent peu impressionnées immédiatement, mais au bout de vingt-cinq minutes elles dégorgent et s'agitent un peu, elles sont mortes après trois heures.

Deux petits poissons furent plongés dans une dissolution contenant 1|1000 d'acide nitrique ; ils sont sur le flanc après vingt-cinq minutes, l'un des deux meurt au bout de trois quarts d'heure, l'autre résiste une heure et cinq minutes. Les branchies sont blanches, molles, décolorées, désorganisées comme avec l'acide précédemment examiné. La proportion d'acide, quoique extrêmement faible, peut encore être réduite sans cesser de faire sentir sa fâcheuse influence. A 1|10000 on n'observe aucun effet. Trois petits poissons furent plongés dans une dissolution à 2|10000 ; l'un d'eux meurt dans les vingt-quatre heures, les deux autres sont vivans, mais affaiblis ; le liquide est floconneux. A 4|10000, ils souffrent aussitôt après leur immersion, ils viennent respirer avec difficulté à la surface du liquide, leurs branchies sont encore pâles, pultacées, et comme ayant éprouvé un commencement de dissolution.

Nous allons continuer d'examiner l'action des divers acides étendus sur les plantes et sur les poissons, et nous allons acquérir la preuve que tous possèdent cette action spécifique si remarquable, et qui est intimement liée au pouvoir dissolvant de ces mêmes acides extrêmement dilués sur la fibrine, que j'ai découvert il y a quelques années.

Acide sulfurique.—Des plantes de *mentha sylvestris* et de *polygonum orientale* furent placées dans de l'eau contenant 1/200 d'acide sulfurique; quelques heures après leur immersion, les feuilles supérieures du polygonum commencèrent à perdre de leur turgescence; cinq jours après le commencement de l'expérience, toutes les plantes étaient mortes.

Des sangsues furent placées dans de l'eau contenant 1/1000 d'acide sulfurique; leur couleur changea, et elles périrent après trois quarts d'heure.

Deux petits poissons furent plongés dans de l'eau contenant 1/1000 d'acide sulfurique; ils paraissent immédiatement affectés, mais leurs mouvements sont moins vifs et moins désordonnés que dans d'autres dissolutions; ils périrent au bout d'une heure. Les branchies sont encore attaquées, elles sont pâles, déformées et recouvertes d'un enduit gélatiniforme.

La proportion d'acide peut encore être beaucoup réduite, et l'action nuisible de la solution se fait encore sentir sur les poissons; à 1/2 millième ils périssent après quelques heures et présentent les mêmes phénomènes à observer; à 1|4 de millième ils meurent encore, mais après un temps plus long; c'est à peine si à cette dilution l'eau présente la moindre réaction acide.

Alun. — Ce sel se rapproche à certains égards par son action physiologiqne de l'acide sulfurique; c'est pour cette raison que nous allons exposer ici les effets observés avec ce corps.

Léfébure range l'alun au nombre des susbtances qui nuisent à la germination. Rœper a vu à Friewald des monceaux de terre exposés en plein air, provenant des minerais d'où on avait extrait l'alun, ne se couvrir d'aucune végétation. Wiegman (*Isis*. 1826, p. 165) cite au contraire l'alun comme n'ayant produit aucune action nuisible sur les plantes.

Des plants de *mentha sylvestris* et de *polygonum orientale* furent placés dans des solutions contenant 1/200 d'alun; le lendemain les spongioles me parurent attaquées, les feuilles commencèrent à perdre

leur turgescence, et dix jours après tous les plants étaient morts.

Ces expériences confirment les observations de Lefébure et de Rœper, et infirment celles de Wiegman qui, probablement, aura opéré sur des végétaux en pleine terre, dans lequel cas l'alun a été décomposé.

Des poissons furent plongés dans une dissolution contenant 1/200 d'alun; après une heure, les poissons se portent assez bien, la dissolution devient opaline; après six heures, un d'eux est fortement influencé, et le lendemain, ils furent trouvés morts. Il s'est formé un dépôt gélatiniforme.

Acide phosphorique. Des plants de *mentha sylvestris* et de *mimosa pudica* furent placés dans de l'eau contenant 1|20 d'acide phosphorique; quelques heures après l'expérience, on remarqua déjà que les spongioles étaient attaquées et que la turgescence des feuilles supérieures était diminuée; sept jours après, tous les plants étaient morts.

Des sangsues gorgées furent placées dans de l'eau contenant 1|1000 d'acide phosphorique; elles s'agitent aussitôt fort vivement et meurent au bout de quelques heures.

Des petits poissons furent plongés dans une dissolution contenant 1/1000 d'acide phosphorique; ils s'agitent fort vivement par intervalles, ils sont sur le flanc après 1|2 heure, ils expirent au bout de 70 minutes.

Une dissolution contenant 1/10000 n'exerce aucune influence nuisible sur les poissons. Dans une dissolution contenant 3 ou 4/10000 d'acide phosphorique, ils vivent très-bien pendant 24 heures et ne paraissent pas affectés; mais ayant placé dans une dissolution contenant 5/10000 d'acide phosphorique une bouvière et un meunier, ils ne tardèrent pas à être affectés, la bouvière succomba après deux heures, le meunier résista plus longtemps, mais il fut trouvé mort dans la soirée.

Acide oxalique. Des plants de *mentha sylvestris*

et de *polygonum tinctorum* furent placés dans une dissolution contenant 1/200 d'acide oxalique; après quelques heures d'immersion dans ce liquide, les spongioles étaient notablement affectées, les feuilles perdirent peu à peu leur turgescence, et, après quatre jours, tous les plants étaient morts.

Des sangsues gorgées furent placées dans une dissolution contenant 1/1000 d'acide oxalique; elles sont immédiatement influencées, elles dégorgent et se recouvrent d'un dépôt muqueux, mêlé d'une poudre blanche pulvérulente, et périssent après trois heures.

De petits poissons furent plongés dans une dissolution contenant 1/1000 d'acide oxalique; ils éprouvent immédiatement la fâcheuse influence de ce poison; ils sont renversés sur le dos après 10 minutes et ils périssent après 20 et 30 minutes.

Bi-oxalate de potasse. Des plants de *mentha sylvestris* et de *polygonum orientale* furent placés dans une dissolution contenant 1/200 de bi-oxalate de potasse; le lendemain de l'immersion, les spongioles étaient visiblement attaquées, les feuilles avaient perdu leur turgescence; après six jours, tous ces plants étaient morts.

Des sangsues gorgées furent placées dans une dissolution contenant 1/1000 de bi-oxalate acide de potasse; elles s'agitent vivement et succombent après quatre heures.

De petits poissons furent placés dans une dissolution contenant 1/1000 de bi-oxalate de potasse; ils sont aussitôt vivement agités, ils font de grands efforts pour s'élancer hors du liquide et succombent après 30 et 50 minutes.

Acide tartrique. Des plants de *mentha aquatica* et de *mimosa pudica* furent placés dans une dissolution contenant 1/200 d'acide tartrique; on ne remarqua aucun effet apparent pendant les premières vingt-quatre heures, mais les feuilles perdirent peu à peu leur turgescence, et tous les plants étaient morts après huit jours.

Des sangsues gorgées furent placées dans une dissolution contenant 1/1000 d'acide tartrique; elles ne paraissent pas notablement influencées pendant les premières heures, mais elles sont trouvées mortes le lendemain.

Des petits poissons appartenant au genre cyprin furent placés dans une dissolution contenant 1/1000 d'acide tartrique et présentant une saveur à peine acide. Ce liquide exerce sur eux une très-remarquable influence, leurs mouvements sont désordonnés; après 10 minutes, ils nagent sur le dos; ils périssent les uns après une heure, les autres après 5/4 d'heure.

Acide citrique. Des plants de *mentha aquatica* et de *mimosa pudica* furent placés dans une dissolution contenant 1/1000 d'acide citrique. On ne remarqua rien le premier jour; mais peu à peu les feuilles ou perdirent leur turgescence et se desséchèrent, ou se détachèrent de la tige; après 10 jours, tous les plants étaient morts.

Des sangsues gorgées furent placées dans une dissolution contenant 1/1000 d'acide citrique; elles y vivent assez bien d'abord, mais elles y deviennent flasques; elles ne sont pas mortes après 24 heures, mais elles sont très-affaiblies.

De petits poissons furent placés dans une dissolution contenant 1/1000 d'acide citrique; ils sont influencés presque immédiatement; après 10 minutes, ils nagent sur le dos, restent quelque temps immobiles, puis s'agitent tout à coup pendant quelques secondes. Après une heure, le meunier est mort; les bouvières résistent 3 et 4 heures.

L'action des acides tartrique et citrique est exactement comparable; seulement l'acide tartrique semble un peu plus énergique. Il est très-remarquable de voir de l'eau acidulée à peine comme la plus faible limonade avoir une action si énergique sur les plantes et les poissons; mais l'action dissolvante que ce liquide exerce sur les spongioles et les branchies nous rend un compte suffisant de ce phénomène.

Acide acétique.— Des plants de *mentha sylvestris* pourvus de nombreuses racines, furent plongés dans de l'eau contenant 1/400 d'acide acétique; l'expérience fut commencée le 29 juillet, on remarqua un affaissement presque immédiat; le 3 août tous ces plants avaient péri.

Des sangsues furent plongées dans une dissolution contenant 1/1000 d'acide acétique; elles paraissent immédiatement affectées, mais elles résistent très-longtemps; si on augmente la proportion d'acide acétique, elles ne tardent pas à succomber.

Trois petits poissons furent plongés dans une dissolution contenant 1/1000 d'acide acétique; ils paraissent souffrants très-peu de temps après leur immersion, ils sont sur le flanc après 3/4 d'heure, ils s'agitent brusquement lorsqu'on vient à les toucher; l'expérience a été commencée à une heure moins un quart, et ils sont morts à quatre heures et demie.

Acide lactique. — Des plants de *mentha sylvestris* et de *mimosa pudica* furent plongés dans de l'eau contenant 1/200 d'acide lactique; comme avec l'acide acétique, les spongioles ne tardèrent pas à être visiblement attaquées, leur couleur brunit, les feuilles supérieures ou tombèrent ou perdirent leur turgescence; trois et cinq jours après, les plants étaient morts.

Des poissons furent plongés dans de l'eau contenant 1/1000 d'acide lactique; ils sont sur le flanc après 25 minutes d'immersion dans ce liquide; après deux heures ils sont morts : leurs branchies sont blanches, la partie superficielle de ces organes est convertie en une espèce de mucilage par l'action dissolvante de l'eau acidulée.

J'ai essayé des doses successivement décroissantes d'acide lactique; avec 1/10000 rien d'appréciable après 24 heures; pas d'action plus sensible avec 2/10000; une solution à 4/10000 paraît les influencer après 24 heures; avec 6/10000 ils paraissent fort peu im-

pressionnés les six premières heures, mais ils furent trouvés morts le lendemain.

Acide formique. — Des plants de *mentha sylvestris* furent placés dans une dissolution contenant 1/200 d'acide formique, vingt heures après l'immersion, les feuilles avaient commencé à perdre leur turgescence, et sept jours après le commencement de l'expérience, tous les plants avaient péri.

Des sangsues gorgées furent placées dans une dissolution contenant 1/100 d'acide formique; pendant les premières heures de l'immersion, elles éprouvent peu d'effet, elles paraissent seulement plus agitées que dans l'eau pure; le lendemain elles furent trouvées mortes.

De petits poissons appartenant au genre cyprin furent placés dans une dissolution contenant 1/1000 d'acide formique; ils ne tardent pas à ressentir l'influence de cette dissolution, ils restent à la surface du liquide, éprouvent des mouvements désordonnés, et sont trouvés morts après 1/4 d'heure.

Acide benzoïque. — L'acide benzoïque est un des acides les plus faibles, un de ceux dont l'action sur les animaux supérieurs est le moins énergique : il n'en est pas de même sur les plantes, non plus que sur les animaux à branchies; les résultats que nous allons exposer sont dignes d'être remarqués.

Des plants vigoureux de *mentha sylvestris* et de *polygonum orientale* furent placés dans une dissolution contenant 1/1000 d'acide benzoïque; après trente heures d'immersion, ces plantes commencèrent à souffrir, les feuilles supérieures devinrent flasques; cet effet s'étendit progressivement aux feuilles inférieures, et au bout de quatre à cinq jours, les plantes étaient mortes.

Cette même dissolution d'acide benzoïque à 1/1000 exerce une action assez vive sur les sangsues; lorsqu'on plonge ces animaux dans cette dissolution, ils éprouvent immédiatement une très-vive agitation; ils finissent, épuisés par les mouvements, par rester

immobiles au fond du vase, on les a trouvés morts le lendemain.

L'action de l'acide benzoïque à 1/1000 de dilution sur les poissons est extrêmement remarquable; vient-on à les plonger dans cette dissolution, leurs mouvements sont aussitôt vifs et désordonnés, ils se mettent sur le flanc après 15 minutes et succombent au bout de 20 et 35 minutes. Les branchies sont décolorées et recouvertes d'un enduit gélatiniforme.

Voyant l'action si énergique de l'acide benzoïque sur les poissons, nous avons diminué considérablement la proportion de cet agent dans la dissolution, et nous l'avons réduit à 1/10000. A cette dilution il ne manifeste aucun effet après deux jours ; mais des poissons qui avaient été plongés pendant quatre jours dans cette dissolution nous parurent influencés, leurs mouvements avaient perdu de leur régularité habituelle, ils semblent être dans un véritable état d'ivresse; ils existent fort longtemps si on n'augmente pas la proportion d'acide benzoïque.

Quoi qu'il en soit, il me semble évident que l'action si puissante de l'acide benzoïque tient à une autre cause qu'à sa nature acide: nous verrons en effet d'autres substances, se rapprochant de lui par quelques propriétés importantes (les huiles essentielles), exercer sur les poissons une action très-remarquable.

Acide borique.— Des plants de *mentha sylvestris* et de *mimosa pudica* furent placées dans des dissolutions contenant 1/200 d'acide borique. Les premiers jours on ne remarqua aucun effet nuisible ; l'acide borique, à la dilution de 1/200, a sur les plantes une action évidemment moins énergique que celle des autres acides que nous avons précédemment examinés; mais à la longue, quand il est absorbé en proportion notable, il nuit aux plantes, car tous nos échantillons avaient succombé après quinze jours.

De petits poissons furent placés dans une dissolution contenant 1/1000 d'acide borique, ils n'en éprou-

vèrent aucune influence nuisible, et ils vivaient très-bien après quarante-huit heures; en portant la dose de l'acide à 1/500, ils n'en ressentent encore aucun effet nuisible et ils sont bien portants après vingt-quatre heures.

Ils ne sont pas d'abord influencés par une dissolution contenant 1/100 du même acide, ils y vivent très-bien après six heures, mais elles finissent par y périr tous au bout de quarante-huit heures.

Tannin.

M. Carradori a annoncé que la germination des graines était visiblement contrariée dans une dissolution de tannin; d'un autre côté, Davy assure qu'une dissolution trop étendue de tannin nuit à la végétation, mais qu'elle est utile si elle est très-légère; il est extrêmement probable que l'illustre chimiste anglais a expérimenté dans des conditions où le tannin n'était point absorbé ou n'agissait pas directement sur les spongioles, car dans ce dernier cas, les résultats sont toujours uniformes.

J'ai plongé dans une dissolution contenant 1/200 de tannin, des plantes vigoureuses de *mentha aquatica*; l'expérience fut commencée le 26 juillet; deux jours après les plants commencèrent à souffrir, et le 31 ils étaient morts. L'altération avait évidemment commencé par les spongioles, dont la couleur avait bruni.

Le 15 septembre, je plaçai dans une dissolution à 1/200 de tannin des plantes de *mimosa pudica*; les feuilles perdirent peu à peu leur turgescence, elles étaient toutes tombées le 22 septembre; mais la tige était encore droite et verte, elle résista plusieurs jours. J'avais d'abord attribué cette plus longue résistance à cette circonstance particulière que les *mimosa* contiennent du tannin, et que les *mentha* en sont dépourvus; le tannin n'agit pas dans ce cas par absorption, mais son action nuisible se porte exclusivement sur les spongioles dont il détruit la vitalité

dans tous les cas, et l'absorption de l'eau se trouve alors interrompue; si la sensitive résiste plus que la menthe, cela tient à ce qu'elle absorbait et qu'elle évaporait conséquemment beaucoup moins que cette dernière plante.

Des sangsues furent placées dans une dissolution contenant 1/1000 d'acide tannique; presque aussitôt après leur immersion, elles sont notablement influencées; elles y périssent après quelques heures.

De petits poissons furent plongés dans une dissolution contenant 1/1000 d'acide tannique; ils ne semblent pas beaucoup influencés d'abord; mais après une heure et demie environ, ils sont violemment affectés, ils sont agités de soubresauts très-vifs, et après quatre et cinq heures ils périssent tous.

Une dissolution à 5/10000 exerce également, dans un temps plus long, une influence nuisible sur les sangsues et sur les poissons.

Acide cyanhydrique.

L'influence de l'acide cyanhydrique sur les végétaux a été étudiée par un assez grand nombre d'observateurs. Ainsi Rafn, en 1796 (*Danmarks Flora*), 1, p. 176, avait déjà noté qu'il arrêtait le mouvement des étamines; Becker (*Annals of philosophy*, 1824); Macaire, Wiegmann (*Kastner's Archiv.*, 4, p. 415); Schneider (*De acidi hydrocyan. vi pernic. in plantas, Jenæ*, 1825); et surtout M. Gœppert (*De acidi hydrocyan. vi in plantas*), en ont étudié les effets sur les végétaux avec beaucoup de soin, et ont annoncé des résultats exacts; aussi n'est-ce que pour compléter mon cadre que je vais brièvement rapporter les expériences que j'ai faites sur l'action de cet acide sur les plantes.

La plupart des auteurs que j'ai cités ont opéré avec des liqueurs contenant 5 pour 100 d'acide cyanhydrique pur; j'ai cru devoir agir sur des dissolutions beaucoup plus étendues.

Dans de l'eau contenant 1/1000 d'acide cyanhydrique pur, j'ai placé des plants de *mimosa pudica*, de *polygonum tinctorum* et de *mentha aquatica*. La sensitive ne tarda pas à perdre sa motilité; ses feuilles elles-mêmes se desséchèrent ou se désarticulèrent; les tiges et les pétioles des autres plantes se resserrèrent, et les feuilles étaient sèches ou tombées après 2 à 5 jours; tous les plants étaient morts dans un temps qui varia de deux à six jours. La quantité d'acide absorbé fut inappréciable, car les spongioles furent d'abord attaquées; leurs cellules avaient perdu toute leur turgescence vitale et leur activité; l'absorption qui auparavant était très-forte devint extrêmement faible peu de temps après l'immersion dans le liquide prussique.

Des sangsues furent plongées dans de l'eau contenant 1/10000 d'acide cyanhydrique pur; elles n'en parurent pas d'abord notablement affectées, car elles vivaient encore après 24 heures; elles furent trouvées mortes au bout de 48 heures.

De petits poissons bien vivants furent placés dans une dissolution ainsi préparée :

Eau	1 litre.
Acide cyanhydrique de M. Gaylussac.	1 décigram.

et qui contenait par conséquent 1/10000 de cet acide.

On ne remarque aucune action sensible au bout d'une heure, mais après une heure et quart, ils sont très-affectés; ils sont tous sur le dos, leurs mouvements sont désordonnés, et, après 2 heures, ils sont trouvés morts.

Ces expériences prouvent que l'acide cyanhydrique à une dilution très-grande exerce encore une action nuisible, très-énergique, tant sur les plantes que sur les poissons.

Cyanure de potassium.

On sait que le cyanure de potassium exerce sur

l'homme et sur les animaux qui s'en rapprochent une action comparable à celle de l'acide cyanhydrique; il était alors probable qu'il exercerait sur les plantes et sur les poissons une action analogue, et c'est ce que l'expérience a confirmé.

Des plants de *mentha sylvestris* et de *mimosa pudica* furent placés dans des dissolutions contenant 1/1000 de cyanure de potassium. Un et deux jours après l'expérience, les feuilles commencèrent à tomber, et au bout de 4 à 8 jours, tous les plants étaient morts.

Des poissons furent placés dans une dissolution contenant 1/1000 de cyanure de potassium; après quelques instants, ils sont notablement affectés, et ils sont morts trois heures et demie après le commencement de l'expérience.

Prussiate de potasse.

On sait que le prussiate de potasse (*cyanure ferroso-potassique*) ne se comporte point, vis-à-vis de l'homme et des animaux supérieurs, comme un composé cyanique; qu'il diffère extrêmement en cela du cyanure de potassium. Il était curieux de s'assurer si cette même innocuité s'étendrait aux animaux à branchies et aux plantes.

Des plants de *mimosa pudica* et de *mentha sylvestris* furent placés dans une dissolution contenant 1/200 de prussiate de potasse; ces plants n'en éprouvèrent, pendant les premiers jours, aucun effet fâcheux; mais après quatre jours, les feuilles commencèrent à tomber, et les plants résistèrent jusqu'au 11 août.

Des sangsues furent placées dans une dissolution contenant 1/1000 de prussiate de potasse; elles n'en éprouvèrent aucun effet nuisible; elles vivent également bien dans de l'eau contenant le double de prussiate de potasse.

Des poissons furent placés dans une dissolution

contenant 1/1000 de prussiate de potasse; ils y vivent très-bien pendant 8 jours; ils n'éprouvèrent également aucun effet nuisible d'une dissolution renfermant 1/500. On place alors trois poissons dans un liquide contenant 1/100 de ce sel: deux ne paraissent éprouver aucun effet, mais le troisième est sur le flanc; le lendemain il fut trouvé mort; les deux autres sont encore vivants; ils paraissent fort affectés; ils jettent souvent la tête hors du liquide; ils se meuvent avec difficulté, mais ils résistent ainsi 2 et 3 jours.

Le prussiate de potasse agit sur les plantes et sur les poissons à peu près comme le nitrate de la même base.

Eaux distillées de laurier-cerise et d'amandes amères.

On sait que les eaux distillées qui contiennent de l'acide cyanhydrique agissent avec beaucoup d'énergie sur les plantes. Les expériences de M. Gœppert ne laissent aucun doute à cet égard; il a montré que leur action délétère ne tient pas seulement à la présence de l'acide cyanhydrique, mais encore à celle de l'huile volatile qu'elles renferment. Mes expériences confirment ces résultats.

Des plants de *mentha sylvestris* furent placés, le 26 juillet, dans de l'eau distillée de laurier-cerise et dans de l'eau distillée d'amandes amères, contenant un peu moins de 1/1000 d'acide cyanhydrique pur; le lendemain, 27 juillet, les feuilles étaient noires et les plants étaient morts.

Deux branches bien vivaces de laurier-cerise (*prunus lauro-cerasus*) furent placées l'une dans de l'eau pure, l'autre dans de l'eau distillée de laurier-cerise; la première reste verte et turgide, la seconde périt très-promptement. Cette observation confirme ce fait déjà connu, que les plantes qui fournissent elles-mêmes de l'acide cyanhydrique sont affectées comme les autres, lorsqu'elles en absorbent.

Des sangsues gorgées furent placées dans de l'eau distillée de laurier-cerise, elles sont immédiatement affectées, se contournent péniblement, ne peuvent s'échapper du liquide, commencent à dégorger et périssent après 2 heures.

De petits poissons furent placés dans de l'eau distillée de laurier-cerise; ils sont immédiatement affectés, leurs mouvements sont vifs et désordonnés pendant les premières secondes; puis ils restent immobiles et ne tardent pas à périr. Si après une minute on les retire de l'eau de laurier-cerise, donnant à peine quelques signes de vie, ils sont rétablis après un quart d'heure d'immersion dans de l'eau pure.

Sulfures alcalins.

Des plants de *polygonum tinctorum* et de *mentha sylvestris* furent placés dans une dissolution de bi-sulfure d'ammonium à 1/200; le lendemain, les feuilles commencèrent à se flétrir; après trois jours, les plants étaient morts.

De petits poissons furent placés dans une dissolution contenant 1/1000 de bi-sulfure d'ammonium; au bout de deux ou trois minutes, les mouvements sont convulsifs et désordonnés, extrêmement rapides, ils périssent après 20 minutes.

Des plants de *mentha sylvestris* et de *polygonum tinctorum* furent placés dans une dissolution contenant 1/200 de quintisulfure de potassium. Après deux jours, les plants commencèrent à perdre leurs feuilles, et après huit jours, ils étaient tous morts.

Des poissons furent placés dans une dissolution contenant 1/1000 de quintisulfure de potassium; leurs mouvements sont bientôt désordonnés; ils sont sur le flanc après 10 minutes; l'un d'eux meurt au bout d'une heure, et les autres ne résistent pas plus de 2 heures.

Savon.

M. Decandolle dit (*Physiologie*, 1843) que le savon semble, au moins lorsqu'il est mêlé au sol, favoriser un peu la végétation ; les choses ne se passent point ainsi lorsqu'il agit librement sur les racines dans une dissolution aqueuse. Des plants de *mentha sylvestris* et de *polygonum orientale* furent placés dans une dissolution contenant 1/200 de savon à base de soude. Les premiers jours, ces plants ne parurent nullement souffrir ; mais, après trois jours, les feuilles commencèrent à sécher ou à tomber, et après huit jours, tous les plants étaient morts.

Des poissons furent plongés dans une dissolution contenant 1/1000 de savon blanc du commerce ; ils sont fort agités par moments, souffrent d'une manière notable ; après 20 minutes d'observation, ils sont sur le flanc ; ils se tiennent à la surface de l'eau et respirent avec peine, ils succombent avant la fin de la première heure, les branchies sont pâles, mais peu altérées dans leur structure. En voyant l'effet énergique d'une si faible quantité de savon sur les poissons, j'ai voulu en diminuer la dose : des poissons furent placés dans une dissolution contenant 5/10000 de savon blanc ; ils sont très-souffrants après une heure, ils se tiennent sur le flanc, et succombent après une heure trois quarts d'immersion.

La dissolution fut réduite à 2/10000 ; ils n'éprouvent rien dans les premières heures d'immersion dans cette solution, mais ils furent trouvés morts le lendemain.

Huiles essentielles.

Tous les observateurs sont d'accord pour reconnaître l'action nuisible des huiles essentielles et des eaux distillées aromatiques sur les plantes ; les huiles volatiles tuent promptement les parties végétales qu'on expose à leurs vapeurs ; appliquées extérieurement sur les organes susceptibles de mouvements, elles les

détruisent rapidement. Leurs vapeurs changent fréquemment la couleur des pétales. Les faits que je vais rapporter ne feront que confirmer ou compléter ce que l'on sait sur ce point spécial ; ils montreront de plus que cette action nuisible, loin d'avoir été exagérée, n'a pas encore été appréciée à sa juste valeur, parce que les doses employées par les observateurs ont toujours été trop considérables. Nous verrons bientôt que certaines huiles essentielles agissent sur les plantes et sur les poissons avec plus d'énergie que l'acide cyanhydrique lui-même.

Essence de moutarde. — Des plants *de mentha sylvestris* furent placés dans de l'eau distillée de moutarde le 26 juillet. Les plants dont l'absorption au préalable était très-vive, nous offrirent presque immédiatement à observer l'affaissement de leurs feuilles, ils étaient morts en partie le 27, et tous le 28.

Des plants de *polygonum orientale* furent placés dans une dissolution contenant 1/1000 d'essence de moutarde ; quelques heures après l'immersion, les feuilles commencent à perdre leur état turgide, et trois jours après, tous les plants étaient morts ; on ne retrouvait pas l'odeur de moutarde dans les parties supérieures de ces plants. Des plants de *salix fissa* furent placés dans de l'eau saturée d'essence de moutarde ; dès le lendemain, la couleur des spongioles était changée, l'absorption cessa ; la plante périt peu à peu, et on ne remarqua pas l'odeur de la moutarde dans les parties supérieures des tiges lorsqu'on les froissait.

Des sangsues très-vives qu'on plonge dans une dissolution contenant 1/1000 d'essence de moutarde, sont immédiatement affectées et périssent après vingt-cinq minutes.

De petits poissons furent plongés dans une dissolution contenant environ 1/1000 d'essence de moutarde (douze gouttes pour cinq cents grammes) ; ils sont aussitôt énergiquement impressionnés, au

bout d'une minute ils sont comme foudroyés; ils donnent encore quelques mouvements, mais ils ne tardent pas à succomber. La proportion d'essence de moutarde peut être beaucoup réduite et manifester cependant sa fâcheuse influence; ainsi des poissons furent placés dans de l'eau contenant 2/10000 d'essence de moutarde; leurs mouvements sont immédiatement désordonnés, ils se mettent aussitôt sur le flanc, et ils périssent au bout d'une heure ou deux. Dans une liqueur contenant 1/20000 d'essence de moutarde, ils sont influencés au bout de deux minutes (les plus petits résistent plus que les gros), ils sont sur le flanc après une heure, et morts après six heures.

Essence d'amandes amères. — Cette essence ne nuit pas seulement aux plantes à cause de l'acide cyanhydrique qu'elle contient, mais encore par sa nature propre d'huile essentielle. Des plants de *mentha aquatica et de polygonum orientale*, furent placés dans des dissolutions contenant 1/1000 d'huile essentielle d'amandes amères privée avec soin de l'acide cyanhydrique qu'elle pourrait contenir. Vingt-quatre heures après le commencement de l'expérience, les feuilles étaient noircies ou avaient perdu leur turgescence.

Des poissons furent placés dans une dissolution contenant 1/10000 d'essence d'amandes amères privée d'acide cyanhydrique. Au bout de sept minutes, les mouvements sont désordonnés, après un quart d'heure, ils sont sur le dos, puis trouvés morts une heure après.

Ces expériences montrent que l'huile essentielle d'amandes privée d'acide cyanhydrique est plus promptement funeste, à dose égale, que cet acide lui-même, et pour les plantes, et pour les poissons.

Essence d'anis. — C'est une des essences dont l'action sur les plantes est des plus énergiques. Des plants de *polygonum orientale* et de *mentha sylvestris* furent placés dans des dissolutions conte-

nant 1/1000 environ d'essence d'anis; les feuilles étaient affaissées vingt-quatre heures après le commencement de l'expérience, les cellules des spongioles avaient perdu leur turgescence, et après trois jours, tous les plants étaient morts, les parties supérieures non submergées n'avaient qu'une odeur extrêmement faible d'anis chez les *polygonum*, insensible chez les *mentha*.

Des poissons furent placés dans une dissolution contenant 1/1000 d'essence d'anis; ils sont immédiatement affectés; leurs mouvements sont désordonnés, ils se renversent bientôt, et périssent après cinquante minutes. On peut beaucoup diminuer encore la proportion d'essence d'anis, et ses effets nuisibles sont sensibles; ainsi des poissons furent plongés dans une dissolution contenant 1/10000 environ d'essence d'anis; ils sont malades presque immédiatement, au bout de trois minutes l'un d'eux est sur le dos, ils sont très-affectés après deux heures, et on les trouve morts au bout de six heures.

Essence de girofle. — Cette huile essentielle exerce sur les plantes une action prompte et énergique; des plants de *polygonum orientale* et de *mimosa pudica* furent placés dans une dissolution contenant 1/1000 d'essence de girofle; après six heures les cellules des spongioles paraissent manifestement affaissées; le lendemain, les feuilles avaient perdu leur turgescence, et trois jours après, les plants étaient morts.

D'autre part, des plants de *salix fissa*, munis de quelques racines adventives furent placés dans une dissolution contenant 1/1000 d'essence de girofle. Les racines et les spongioles perdirent bientôt leur couleur propre pour prendre celle de l'écorce. La branche conserva longtemps encore sa turgescence, mais les bourgeons ne prirent aucun développement. Cette observation a été faite dans le mois de février, l'absorption et l'évaporation sont alors très-faibles.

Des sangsues furent plongées dans une dissolution

contenant 1/10000 d'essence de girofle, elles s'agitent violemment, ne tardent pas à dégorger et périssent après cinq minutes.

Des poissons furent plongés dans une dissolution contenant 1/1000 d'essence de girofle; ils sont instantanément très-malades, leurs mouvements sont irréguliers; au bout d'une minute, ils sont sur le flanc et ne tardent pas à périr.

On peut diminuer encore la proportion d'essence de girofle sans que pour cela son action nuisible cesse de se manifester; une dissolution ne contenant que 1/10000 d'essence de girofle agit encore sur les poissons. Au bout de quelques minutes, leurs mouvements sont irréguliers, puis ils deviennent plus lents, ils périssent tous après douze heures de séjour dans cette liqueur.

Essence de valériane. — Cette huile essentielle fut employée brute, c'est-à-dire contenant, outre l'huile volatile, de l'acide valérianique. Des plants de *mentha aquatica* et de *polygonum orientale* furent plongés dans une dissolution contenant 1/1000 environ d'essence de valériane; quelques heures après le commencement de l'expérience, les cellules extérieures des spongioles étaient affaissées; l'absorption qui était très-vive se ralentit tout à coup; le lendemain, quelques feuilles commencèrent à se flétrir, et trois jours après, tous les plants étaient morts.

Des poissons furent plongés dans une dissolution contenant 1/1000 d'essence de valériane; ils sont presque immédiatement affectés, l'un nage sur le côté après quatre minutes, et ils sont tous morts après quarante minutes. Les branchies sont rouges.

Essence de cajeput. — Cette essence, que j'avais reçue d'une origine certaine, était très-pure et bien suave; elle agit sur les plants de *mentha aquatica* et de *polygonum orientale*, absolument comme l'essence de valériane; je crois inutile d'insister sur le détail de ces expériences. Je me bornerai à dire que son action m'a paru plus énergique encore

sur un plant de *salix fissa ;* les spongioles et toutes les jeunes racines furent immédiatement attaquées. Elles prirent, ainsi que la partie de la tige plongée, une couleur noire, le reste de la tige se dessécha assez promptement et ne présentait pas l'odeur du cajeput.

Des poissons furent plongés dans de l'eau contenant 1/10000 environ d'essence de cajeput ; leurs mouvements sont immédiatement irréguliers, ils sont sur le flanc après dix minutes et ils périssent comme dans la dissolution d'essence de valériane, au bout de quarante minutes.

Essence de romarin.— L'essence de romarin que j'ai employée était ancienne, mais encore très-suave ; son action sur les plantes a été la même que celle des essences de valériane et de capejut ; je crois inutile de détailler des observations analogues ; l'action sur les poissons a été peut-être plus énergique, ils sont influencés aussitôt après leur immersion dans une dissolution à 1/1000, sur le flanc après quatre minutes, et meurent au bout de dix minutes. Leurs branchies sont d'un rouge vif.

Essence de térébenthine. — Des plants de *mentha sylvestris* et de *mimosa pudica* furent placés dans une dissolution aqueuse contenant 1/1000 d'essence de térébenthine.

Ces plants, examinés le lendemain, ont paru avoir un peu souffert, mais infiniment moins que ceux plongés dans les essences d'anis, d'amandes amères, de cannelle, de moutarde ; cependant, après deux jours, les feuilles commencent à se dessécher ou à tomber, et au bout de dix jours tous les plants étaient morts.

Des poissons furent placés dans une dissolution contenant 1/1000 environ d'essence de térébenthine (vingt gouttes pour un litre) ; ils paraissent au premier abord assez fortement influencés, mais ils sont évidemment beaucoup moins malades que dans les huiles essentielles que nous avons précédemment énumérées. L'expérience était commencée à midi et quart ; à quatre heures, un des poissons est

mort, à sept heures, les autres sont très-malades, et ils sont tous trouvés morts le lendemain au matin.

Essence de lavande. — Cette huile essentielle agit à peu près sur les plantes comme l'essence de térébenthine.

Des plants de *mimosa pudica* et de *mentha sylvestris* furent placés dans des dissolutions contenant environ un 1/1000 d'essence de lavande (la proportion d'essence dissoute était moins considérable). Le lendemain, les cellules des spongioles parurent affaissées, la couleur des racines adventives brunit, mais les feuilles ne commencèrent à se dessécher ou à tomber qu'après trois jours. Au bout de dix jours, tous les plants étaient morts.

Des plants de *salix fissa*, munis de quelques racines adventives, furent placés le 27 janvier dans une dissolution contenant environ 1/1000 d'essence de lavande, les spongioles et les racines adventives ne tardèrent pas à perdre leur couleur propre et toute leur vitalité, mais les plants ne périrent pas pour cela, car au 12 mars quelques-uns offraient encore quelques bourgeons qui commençaient à se développer, mais avec incomparablement moins d'énergie que les plants conservés dans l'eau pure. Ce développement posthume tient, à n'en pas douter, à l'humidité dont la tige est gorgée et qu'elle conserve longtemps.

Des sangsues furent placées dans une dissolution contenant 1/1000 d'essence de lavande ; elles ne tardent pas à dégorger, mais sans beaucoup s'agiter; elles périrent après trois quarts d'heure.

Trois petits poissons furent placés dans une dissolution contenant 1/1000 d'essence de lavande. L'un des trois est immédiatement sur le flanc, les autres résistent davantage, mais ils ne tardent pas à l'imiter. Les deux plus gros sont morts au bout de six heures ; le plus petit ne succombe qu'au bout de treize heures.

Une dissolution contenant 1/10000 d'essence de lavande affecta moins les poissons que les autres es-

sences; à pareille dose, ils ne paraissent pas beaucoup souffrir au bout de trois heures, mais après quarante-huit heures, ils finissent par succomber.

Essence de copahu.— Cette huile essentielle, qui se rapproche si fort, pour sa composition chimique, de l'essence de térébenthine, exerce encore la même action qu'elle sur les plantes et sur les poissons. Cette action est beaucoup moins forte que celle des essences oxygénées, azotées ou sulfurées.

Des plants de *mentha aquatica* et de *mimosa pudica* furent placés dans des dissolutions renfermant environ 1/1000 d'huile essentielle de copahu. Ces plants ont peu souffert vingt-quatre heures après le commencement de l'expérience; mais après deux jours, la motilité des feuilles de sensitive diminua, elles se desséchèrent et tombèrent peu à peu; au bout de douze jours tous les plants étaient morts.

Des poissons furent placés dans de l'eau contenant 1/1000 environ d'essence de copahu, ils sont beaucoup moins affectés que dans la plupart des autres solutions d'essences, mais bientôt leurs mouvements deviennent désordonnés et ils périssent au bout de cinq ou six heures.

Essence de citron. — Des plants de *mimosa pudica* furent placés le 15 septembre dans une dissolution aqueuse contenant 1/1000 d'essence de citron. Le 17, toutes les branches submergées sont mortes, les supérieures vivent encore, et les feuilles sont douées de motilité; le 18, tous les plants sont morts.

Des plants de *salix fissa* furent placés dans une dissolution aqueuse d'essence de citron; les spongioles furent promptement altérées, l'absorption cessa, les plants se desséchèrent, la partie immergée noircit.

Des sangsues furent placées dans une dissolution contenant 1/1000 d'essence de citron, elles restent cinq minutes sans beaucoup s'agiter; au bout de dix minutes, elles dégorgent, et périssent après une heure et demie.

Des poissons furent placés dans une dissolution contenant 1/1000 d'essence de citron ; ils s'agitent vivement, mais sont beaucoup moins influencés que dans l'essence de menthe ; ils ne tardent pas cependant à se mettre sur le flanc, et au bout de cinq heures ils sont morts.

Essence de cannelle.— Des plants de *mentha sylvestris* furent placés le 26 juillet dans de l'eau distillée de cannelle ; la plante commença à souffrir presque immédiatement après son immersion, l'absorption qui était vive cessa, et le 28 tous les plants étaient complétement morts ; la partie supérieure des tiges n'offrait pas l'odeur particulière de la cannelle.

De petits poissons furent plongés dans de l'eau distillée de cannelle, presque aussitôt après leur immersion ils furent influencés, leurs mouvements devinrent désordonnés, et après dix-huit minutes ils étaient tous morts. Si après trois ou quatre minutes, quand ils donnent à peine quelques signes de vie, on les retire et qu'on les place dans l'eau pure, ils ne tardent pas à être complétement rétablis.

Le même effet s'observe avec les alcools, les éthers, les huiles essentielles, les composés cyaniques.

Essence de fleurs d'oranger. — Des plants de *mentha sylvestris* furent placés dans de l'eau distillée de fleurs d'oranger ; l'expérience commença le 26 juillet ; le 30, ces plants, quoique ayant un peu dépéri, vivaient encore très-bien ; ils étaient tous morts le 7 août.

Des plants de *polygonum tinctorum* furent placés dans une dissolution contenant 1/1000 d'essence de néroli ; le lendemain de l'expérience, plusieurs feuilles avaient perdu leur turgescence, mais les plantes résistèrent de cinq à douze jours.

De plants de *salix fissa* placés dans une dissolution saturée de néroli, restèrent six semaines sans se dessécher complétement, mais ces plants étaient tout à fait languissants.

De petits poissons furent placés dans une disso-

lution contenant 1/1000 d'essence de néroli; ils sont immédiatement affectés, après quatre minutes ils sont sur le flanc et ils ne tardent pas à succomber.

Action des essences sur les plantes qui les ont fournies.

Comme on devait s'y attendre, et comme cela a déjà été vérifié par d'autres observateurs, une huile essentielle extraite d'une plante agit comme poison sur le végétal qui le produit avec autant d'énergie que sur les autres.

Des plants de *mentha piperita* furent placés, le 26 juillet, dans de l'eau distillée de menthe poivrée, ces plants présentèrent bientôt des signes non équivoques de dépérissement, mais ils persistaient encore le 30; le 3 août, ils étaient tous morts.

Les effets observés furent les mêmes en remplaçant l'eau distillée de menthe par de l'eau pure chargée d'essence de menthe.

Camphre.

Des rapports si intimes unissent le camphre aux autres huiles essentielles, qu'il est raisonnable de prime abord de penser qu'il devrait agir sur les plantes comme elles. M. Gœppert a en effet vu, que des fragments de camphre, placés dans les fleurs d'épine-vinette, arrêtent le mouvement des étamines, et qu'une solution de camphre fait périr les plantes de pois. Wildenow et Droste soutiennent, d'un autre côté (*Bull. Sc. agric.*, VII, p. 49), que des branches fanées se relèvent plus vite dans l'eau camphrée que dans l'eau ordinaire, et Barton assure que les plantes végètent avec force dans l'eau camphrée.

1 gramme de camphre fut réduit en poudre, puis broyé avec soin avec 1,000 grammes d'eau. Une partie du camphre reste sans se dissoudre, mais ce résidu diminue beaucoup en agitant l'eau à plusieurs reprises. On plongea dans cette dissolution des plants

de *mentha sylvestris* et de *polygonum orientale*; au bout du premier jour, ces végétaux ne parurent pas beaucoup souffrir, mais peu à peu ils dépérirent, les feuilles tombèrent, et après quinze jours ils étaient tous morts.

1 gramme de camphre fut également broyé avec 1,000 grammes d'eau; des poissons furent plongés dans cette dissolution : on remarque des mouvements désordonnés, ils s'élancent hors du liquide, puis se laissent choir au fond du bocal comme s'ils étaient insensibles. Ils sont morts après une heure et dix minutes, leurs branchies sont rosées.

La dose du camphre fut diminuée de moitié et les effets sur les poissons furent à peu près les mêmes; ils sont vivement influencés après quatre minutes d'immersion, ils s'élèvent et s'abaissent alternativement; le plus fort a des mouvements désordonnés, plus tard, ils sont comme narcotisés, puis se réveillent tout à coup.

Après huit minutes, on en retira un très-affecté pour le placer dans de l'eau de Seine; après quelques instants d'agitation, il revient à l'état normal, ceux qui restent dans le liquide camphré périssent après cent minutes.

Créosote.

Des plants de *mimosa pudica* furent placés dans une dissolution contenant 1/1000 de créosote, l'expérience fut commencée le 15 septembre; le 16, la plupart des branches et des feuilles présentent une couleur noire très-manifeste; quelques feuilles sont encore douées de sensibilité, mais le 17 et le 18, tous les plants sont complétement morts.

Des plants de *salix fissa* furent placés dans une dissolution contenant 1/1000 de créosote; les racines ne tardèrent pas à noircir, l'absorption cessa, mais le plant resta près de six semaines sans se dessécher (du 1er février au 15 mars).

Des sangsues furent placées dans une dissolution

contenant 1/1000 de créosote; elles sont immédiatement influencées et s'agitent à peine dans cette dissolution, elles périssent après une demi-heure et une heure.

Des poissons furent plongés dans une dissolution contenant 1/1000 de créosote; ils sont presque immédiatement affectés, ils nagent sur le flanc, leurs mouvements sont désordonnés et complétement irréguliers; ils montent et descendent sans cesse, puis, épuisés, ils stationnent à la surface et périssent après trois quarts d'heure.

On peut diminuer encore beaucoup la dose de la créosote sans que cette substance cesse de manifester sa fâcheuse influence sur les poissons ainsi plongés. Dans une dissolution à 1/10000, ils commencent à nager sur le flanc après une heure et demie et ils périssent au bout de six heures.

Huile de croton.

C'est une huile fixe extraite par expression des graines du *croton tiglium*; elle contient un acide volatil qui peut la rapprocher sous un point de vue des huiles volatiles; elle agit avec beaucoup moins d'énergie que ces dernières sur les plantes et sur les poissons. Je me bornerai à dire que des poissons, plongés dans un litre d'eau qui avait été agitée avec vingt gouttes d'huile de croton, commencèrent à être affectés après une heure d'immersion et périrent au bout de cinq et six heures.

Chloroforme, Iodoforme.

Le chloroforme et l'iodoforme exercent sur les plantes et sur les poissons une action qui se rapproche plus de celle des huiles essentielles que de celle des éthers; sous ce point de vue, ces corps paraissent servir d'intermédiaire.

Des plants de *mentha sylvestris* et de *polygonum tinctorum* furent placés dans une dissolution

contenant 1/200 de chloroforme; le lendemain, les feuilles ont commencé à se flétrir, et au bout de quatre jours, tous les plants étaient morts.

Des poissons furent placés dans une dissolution contenant 1/1000 de chloroforme; ils sont immédiatement affectés, après trois minutes ils nagent sur le côté, ils sont morts après quinze minutes, leurs branchies sont rouges.

L'iodoforme est beaucoup moins soluble dans l'eau que le chloroforme, aussi son action sur les plantes et sur les poissons est-elle plus lente.

1 gramme d'iodoforme fut longuement broyé avec de l'eau tiède, 1 litre; une grande partie du produit resta sans se dissoudre, on plaça dans la dissolution des plants de *mentha sylvestris* et de *polygonum tinctorum*, les plants ne parurent pas beaucoup souffrir, les huit premiers jours, mais ils étaient tous morts au bout de six semaines.

1 gramme d'iodoforme fut également broyé avec 1 litre d'eau tiède, des poissons furent placés dans la dissolution; ils sont vivement influencés au bout de quinze minutes; après une heure, ils sont dans un état comateux, ils se remuent brusquement et par bonds lorsqu'on vient à les toucher; ils vivent encore après deux heures et demie, mais ils sont trouvés morts après quatre heures.

Alcool et Ethers.

On sait que l'alcool et les éthers sont au nombre des matières qui éteignent le plus rapidement et avec le plus d'énergie la vie des végétaux; on a rapproché leur action de celle de l'acide cyanhydrique et des essences. Je vais exposer actuellement les expériences que j'ai faites sur cet objet.

Des plants de *mentha sylvestris* garnis de nombreuses racines adventives furent placés le 26 juillet dans une dissolution contenant 20 grammes d'alcool pour 200 grammes d'eau; dès le lendemain, l'absorption avait beaucoup diminué, les feuilles avaient

perdu leur turgescence, et trois jours après, tous les plants étaient morts.

2 grammes d'alcool pur furent ajoutés dans un litre d'eau, des poissons placés dans ce mélange n'en éprouvèrent aucun effet nuisible. La dose fut portée à 5 grammes d'alcool pour la même quantité; ils n'en éprouvèrent encore aucun effet nuisible ; on en ajouta alors 2 grammes 50 centigrammes, ce qui fait 7 grammes 50 centigrammes pour 1,000 grammes. Ce mélange les influence, ils y résistent longtemps, un fut trouvé mort après vingt-quatre heures, les autres étaient encore vivants, mais fort souffrants; l'un d'eux fut placé dans l'eau pure, et il y revint bientôt à l'état naturel. Cet empoisonnement ne constitue donc pas un état permanent ; mais passager comme celui des essences, de l'acide cyanhydrique, etc.

Un plant de *mentha sylvestris* en fleurs, et muni de nombreuses racines adventives fut placé dans une dissolution contenant 1/200 d'éther sulfurique ; l'expérience fut commencée le 26 juillet et le lendemain le plant était mort.

Les *éthers nitrique* et *acétique* exercèrent une action analogue et aussi promptement funeste. Nous allons rapporter maintenant les expériences sur les poissons.

Des poissons furent placés dans une dissolution contenant 1 gramme par litre, d'*éther sulfurique*, ils n'en éprouvèrent aucun effet nuisible au bout de soixante-douze heures.

A la dose de 5 grammes d'éther sulfurique, ils sont promptement influencés, ils sont sur le flanc au bout de dix minutes; placés dans l'eau pure, ils reviennent bientôt à eux-mêmes; on peut recommencer à plusieurs reprises la même épreuve avec le même succès; si on les abandonne plus longtemps dans l'eau éthérée à 5/1000, ils y meurent, leurs branchies sont rouges.

L'*éther acétique* agit sur les poissons avec beaucoup plus d'énergie que l'éther sulfurique. Des pois-

sons placés dans de l'eau ne contenant que 1 gramme par litre d'éther acétique, sont rapidement influencés, ils sont renversés au bout d'une heure, viennent stationner à la partie supérieure du liquide, et ne tardent pas à succomber.

L'*éther nitrique* alcoolisé à la dose de 2 grammes par litre, n'exerce aucune influence fâcheuse sur les poissons, mais à la dose de 3 grammes, il agit lentement, il est vrai, car un poisson a vécu trois jours dans ce mélange, mais il a fini par y périr.

Si on range les substances alcooliques ou éthérées que nous avons étudiées par ordre d'activité; nous avons : 1° éther acétique ; 2° éther nitrique alcoolisé ; 3° éther sulfurique ; 4° alcool.

Alcalis végétaux.

L'influence des bases organiques sur les plantes, ou celle des produits qui en contiennent, a été différemment appréciée par les expérimentateurs : les uns aperçoivent une action semblable; pour ainsi dire, à celle exercée sur les animaux supérieurs, les autres au contraire, leur refusent toute espèce d'action ; ce désaccord réclamait de nombreuses et attentives expériences, je répéterai ici que j'ai toujours opéré sur des tiges munies depuis plus d'un mois, de nombreuses racines adventives séjournant dans l'eau pure depuis plus de deux mois. Je suis convaincu que les contradictions les plus tranchées proviennent de cette cause, que les conditions dans lesquelles les expériences ont été faites n'étaient pas exactement pareilles.

Je reviendrai prochainement sur l'influence de ces circonstances accessoires, et je montrerai combien est grande leur importance et quel parti nous pourrons en tirer pour nous faire des idées exactes sur les théories des engrais des amendements et des assolements.

Les alcalis végétaux que j'ai choisis, sont la strychnine, la brucine, la vératrine, la morphine, la narco-

tine. Pour les avoir à l'état de dissolution, j'opérais toujours sur leurs sels.

Strychnine.

De tous les alcalis végétaux, c'est la strychnine qui vient au premier rang, par rapport à son action toxique sur les animaux; il en est encore de même si on considère son action sur les plantes.

1 gramme de chlorhydrate de strychnine fut dissous dans 200 grammes d'eau; on plongea dans cette dissolution des plants de *mentha sylvestris* et de *mimosa pudica.* Deux jours après le commencement de l'expérience, les feuilles ont commencé à perdre leur état turgide; les feuilles de sensitive qui étaient encore vertes, avaient conservé leur motilité. Après cinq jours, toutes les feuilles étaient ou desséchées ou tombées et les plants étaient tous morts.

J'ai séparé avec soin les parties supérieures des tiges qui étaient à quelques centimètres des parties submergées; j'y ai recherché avec le plus grand soin la présence de la strychnine et je n'ai pu en découvrir aucune trace; les feuilles ne présentent d'ailleurs aucune saveur amère.

D'autre part, des poissons furent placés dans une dissolution contenant 4/10000 de chlorhydrate de strychnine, ils furent immédiatement influencés; au bout de deux minutes, ils sont sur le dos, et après dix minutes, ils ne donnent plus aucun signe de vie.

Brucine.

Les observations de M. Magendie et celles de M. Andral ont montré que la brucine exerçait une action beaucoup plus faible sur les animaux supérieurs que la strychnine; eh bien, sur les plantes et sur les poissons, cette action est loin de présenter des différences aussi remarquables; la brucine agit avec presque autant d'énergie que la strychnine, elle doit

être placée évidemment au second rang avant la vératrine, la morphine, etc.

Des plants de *mentha sylvestris* et de *mimosa pudica* furent placés dans une dissolution contenant 1/200 de sulfate de brucine. Trois jours après le commencement de l'expérience, les feuilles commencèrent à se dessécher ou à tomber; au bout de sept jours, tous les plans étaient morts.

La partie supérieure des tiges ne contenait aucune trace de brucine.

Trois poissons furent plongés dans une dissolution contenant 4/10000 de sulfate de brucine; ils sont immédiatement affectés, ils nagent tous les trois sur le flanc après trois minutes. Au bout de douze minutes, ils sont au fond du vase presque sans mouvements, mais ils donnent encore quelques signes de vie pendant quelques minutes. Leurs branchies sont un peu pâlies.

Vératrine.

La vératrine est une des bases organiques dont l'action toxique est des plus énergiques sur les animaux inférieurs; elle agit aussi vivement sur les plantes et sur les poissons, mais incomparablement moins que la strychnine et la brucine.

Des plants de *mentha sylvestris* et de *mimosa pudica* furent placés dans des dissolutions contenant 1/200 de sulfate de vératrine. Les trois premiers jours, ces plants ne parurent pas beaucoup souffrir, mais les feuilles se desséchèrent peu à peu, et après douze ou quinze jours, tous les plants étaient morts.

La partie supérieure des tiges ne contenait aucune trace de vératrine.

Des poissons furent plongés dans une dissolution contenant 4/10000 de sulfate de vératrine; après quelques minutes, ils sont influencés, on remarque une vive agitation; on est surtout frappé par des mouvements brusques de la partie postérieure du corps. Après trois quarts d'heure ils sont sur le flanc, au

fond du vase, mais ils résistent ainsi quelque temps et ils ne sont complétement morts qu'après quatre et cinq heures.

Morphine et opium.

Les auteurs sont loin d'être d'accord sur l'action qu'exerce l'opium ou la morphine sur les végétaux. Ainsi, M. Mulder annonce (*Bijdr. tot. de nat. Westench.*, p. 38) que l'extrait d'opium diminue les mouvements de la sensitive et fait fermer les lèvres des stigmates du *mimulus luteus*. M. Marcet a vu une solution d'opium faire périr les haricots ; M. Macaire a annoncé que des rameaux fleuris d'épine-vinette, trempant dans une solution aqueuse d'opium, avaient leurs étamines molles et incapables de se contracter. D'un autre côté, voici des opinions bien différentes des précédentes ; M. Julio (*Biblioth. ital.*, nº 5, p. 128) regarde l'opium comme un excitant des végétaux. M. Gœppert, qui a fait des observations si ingénieuses sur les effets des poisons sur les végétaux, annonce qu'une sensitive placée dans un vase plein d'eau fut enfermée avec (*six onces*) d'opium et tous ses mouvements se sont exécutés pendant quatre semaines, c'est-à-dire pendant le même temps qu'une autre sensitive, placée de même, mais sans opium.

Ces observations contradictoires réclamaient des expériences attentives et souvent répétées ; nous allons commencer par exposer les résultats obtenus en opérant avec la morphine ; bien que les observateurs n'aient agi que sur l'opium, l'on verra bientôt que la base organique importante de l'opium n'a pas sur les plantes, ni sur les poissons une action semblable à celle de l'extrait d'opium. Les différences d'activité sont loin d'être dans le sens qu'on aurait pu assigner *a priori*.

Des plants de sensitive furent placés, le 15 septembre, dans une dissolution contenant 1/200 de chlorhydrate de morphine. Le 17, la motilité n'est nullement diminuée ; le 22, les plants ne paraissent pas

beaucoup souffrants; les feuilles ne sont pas aussi sensibles. Le 27, toutes les feuilles sont tombées, mais les tiges sont encore vertes, elles ne se dessèchent que plusieurs jours après. La morphine fut recherchée avec soin dans les parties non submergées des tiges, et on n'en découvrit aucune trace.

Cette expérience fut variée de beaucoup de manières et souvent répétée, soit avec des *sensitives*, soit avec des *mentha* ou des *polygonum*; elle donna toujours des résultats analogues, elle prouve que ce qu'on a dit sur l'analogie de l'influence des narcotiques sur les animaux supérieurs et les plantes est imaginaire; rien ne nous autorise à reconnaître pour vrai ce prétendu sommeil de la sensitive sous l'influence des narcotiques. Si la motilité diminue, cela tient à n'en pas douter, à l'état de souffrance de la plante, car les feuilles ne tardent point à tomber. Ce qui est positif, c'est que l'hydrochlorate de morphine agissant en dissolution sur les racines, nuit aux plantes, que sa dissolution éteint la vie des spongioles et arrête leur pouvoir absorbant, c'est la manière la plus conforme aux faits d'expliquer l'action nuisible de ce sel, car on ne retrouve aucune trace de morphine dans les parties supérieures de la tige.

Voici une expérience qui vient donner un grand poids à cette explication : Une tige de *mentha* garnie de racines adventives dans une assez grande étendue, fut disposée de façon qu'une partie de la tige portant des racines plongeait dans une dissolution de morphine, et l'autre portion portant également des racines était dans l'eau. La communication entre les deux parties étant bien interceptée, les racines plongées dans la dissolution morphique cessèrent bientôt d'absorber, mais celles qui étaient dans l'eau pure continuèrent de bien fonctionner et la plante conserva sa fraîcheur et son état turgide.

Des poissons furent plongés dans une dissolution contenant 4/10000 de chlorhydrate de morphine. On ne remarque aucun effet après les premières heures;

pas davantage après vingt-quatre et quarante-huit heures. Après soixante-douze heures, l'un d'eux paraît souffrant, les autres sont assez bien. Au bout de cinq jours, ils sont immobiles sur le dos; mais en les touchant ils s'agitent encore, ils ne tardèrent pas à succomber.

Voyant le peu d'effet de la morphine comparé à l'effet déterminé par la strychnine, la brucine, la vératrine, j'ai cru utile d'augmenter la dose pour essayer d'obtenir des résultats plus décisifs.

Des poissons furent plongés dans une dissolution contenant 1/1000 de chlorhydrate de morphine. On ne remarqua aucun effet nuisible après douze heures. Ils résistèrent encore soixante-douze heures avant de périr. Ainsi, l'augmentation de la dose n'a pas beaucoup augmenté l'énergie des effets.

Narcotine.

1 gramme de narcotine fut délayé avec soin dans l'eau pure; la dissolution fut aidée par quatre gouttes d'acide chlorhydrique; elle resta cependant toujours imparfaite. Des plants de *mentha sylvestris*, de *mimosa pudica* furent placés dans cette dissolution, ils y prospérèrent comme dans l'eau pure pendant un mois. On peut tirer de cette observation la conclusion, ou que la narcotine n'exerce aucune action nuisible sur les plantes, ou que la dissolution était trop étendue.

Des poissons furent également plongés dans la même dissolution, ils y résistèrent parfaitement pendant plus d'un mois sans que l'eau fût renouvelée. Cette expérience établit bien l'innocuité de la narcotine, par rapport aux poissons.

Quinine.

Avant d'étudier l'action du sulfate de quinine sur les plantes et sur les poissons, j'étais loin de m'attendre aux résultats que je vais exposer et qui prou-

vent qu'il est infiniment plus nuisible pour ces êtres que les sels de morphine.

Des plants de *mentha sylvestris* et de *mimosa pudica* furent placés dans des dissolutions contenant 1/200 de sulfate de quinine dissous à la faveur de la plus faible proportion d'acide sulfurique. Les deux premiers jours, on ne remarqua aucun effet nuisible sensible; deux feuilles de sensitive prirent un accroissement très-notable; mais bientôt les feuilles commencèrent à se dessécher, et au bout de sept jours, tous les plants étaient morts.

On ne retrouva aucune trace de quinine dans les parties non submergées des tiges.

Des sangsues gorgées furent placées dans une dissolution contenant 2/1000 de sulfate de quinine dissous à la faveur de la plus faible proportion d'acide sulfurique; pendant les premiers instants, elles ne parurent point affectées; mais le lendemain, elles étaient mortes après avoir dégorgé un sang qui avait pris une couleur très-foncée. La force de la solution fut réduite de moitié, c'est-à-dire à 1/1000, et des sangsues y vécurent très-bien pendant quinze jours sans paraître souffrantes. Le sang dont elles étaient gorgées devint seulement plus noir, plus épais, il était converti en une espèce de bouillie épaisse, d'une couleur brune pourprée.

Des poissons furent placés dans une dissolution contenant 1/1000 de sulfate de quinine; pendant la première heure, ils ne paraissent pas beaucoup affectés, mais ils ne tardent pas à avoir des mouvements désordonnés, irréguliers, et ils sont morts au bout de quatre heures.

Voyant l'effet énergique du sulfate de quinine sur les poissons, la dose fut successivement réduite à 4/10000. On ne remarque rien d'apparent; après deux heures et demie, ils ne tardent pas à donner quelques signes de souffrance, mais ils résistent trente-six heures. On remarque qu'ils présentent plus de rigidité que dans d'autres solutions.

Salicine.

J'ai désiré comparer l'action de la salicine à celle du sulfate de quinine; les expériences suivantes montrent qu'elle agit avec beaucoup moins d'énergie sur les plantes et sur les poissons que le sel de quinine.

Des plants de *mimosa pudica* et de *mentha sylvestris* furent placés dans des dissolutions contenant 1/200 de salicine. Pendant les quinze premiers jours, on ne remarqua aucun effet sensible; mais ensuite les plantes dépérirent peu à peu et se desséchèrent.

On ne put découvrir aucune trace de salicine dans les parties desséchées.

Des poissons furent placés dans une dissolution contenant 1/1000 de salicine; ils n'éprouvèrent aucune influence nuisible de cette dissolution après trois jours.

La dose fut successivement portée à 1/100. L'influence de la salicine à cette dose est encore très-faible.

Un des poissons fut trouvé mort après vingt-quatre heures dans cette solution; mais les autres résistèrent très-bien.

Ils sont un peu plus influencés par une dissolution contenant 1/50 de salicine. Tous sont sur le flanc après trois jours, quelques-uns tardent encore à succomber.

On le voit, malgré son odeur, sa saveur très-forte, la salicine n'exerce sur les plantes et sur les poissons qu'une action nuisible extrêmement faible.

Extrait d'opium.

Des plants de *mimosa pudica* et de *mentha sylvestris* furent placés dans des dissolutions contenant 1/200 d'extrait gommeux d'opium. Les premiers jours, on ne remarqua aucun effet sensible (l'expérience commença le 26 juillet); mais peu à peu, l'ac-

croissement des plants s'arrêta, les feuilles perdirent leur turgescence; les menthes étaient complétement mortes le 18 août, les feuilles étaient desséchées, les tiges non submergées convenablement traitées ne m'indiquèrent aucune trace de morphine ou d'acide méconique. A la même époque, les sensitives étaient encore vertes, et leurs feuilles jouissaient de toute leur motilité; mais peu à peu elles tombèrent, et les plants périrent beaucoup plus tôt que ceux qui étaient placés dans l'eau pure.

Des sangsues gorgées furent placées dans une dissolution contenant 1/1000 d'extrait gommeux d'opium; elles y souffrent presque immédiatement, et y périssent dans l'intervalle de deux heures.

Des petits poissons furent plongés dans une dissolution contenant 1/1000 d'extrait gommeux d'opium; ils sont manifestement influencés après cinq minutes de séjour dans cette dissolution; ils paraissent engourdis, puis ils s'élancent avec beaucoup de force hors du liquide; ils périssent tous avant la fin de la première heure.

Voyant l'action énergique de cet extrait, j'ai été curieux d'en diminuer considérablement la dose.

Des poissons furent placés dans une dissolution contenant un 1/10000 d'extrait d'opium. Les premières heures, ils ne paraissent pas affectés; mais au bout de vingt-quatre heures, ils sont très-souffrants, et ils finissent par succomber après trois jours.

Ces expériences établissent positivement que l'extrait d'opium à dose égale agit avec beaucoup plus d'énergie sur les poissons que les sels de morphine. Quel est le principe qui détermine cette action? Ce n'est certainement pas la narcotine que nous avons trouvée inerte, l'analogie nous porterait plutôt à admettre qu'on doit attribuer cette action ou à l'huile essentielle, ou à la résine, ou à l'alcali âcre de l'opium, la *thibaine*. Toutes ces substances se trouvent dans l'extrait d'opium.

- Extrait alcoolique de noix vomique.

M. Marcet a annoncé qu'une solution contenant environ 1/100 d'extrait de noix vomique influençait une plante de haricots au bout de quatre heures, et la faisait périr après douze heures. Les résultats que nous allons exposer sont loin d'assigner une aussi grande énergie à l'extrait alcoolique de noix vomique; ils prouvent cependant que cette substance agit sur les végétaux comme un poison puissant.

Des plants vigoureux de *mentha sylvestris* et de *mimosa pudica* furent placés, le 26 juillet, dans des dissolutions contenant 1/200 d'extrait alcoolique de noix vomique; les cinq premiers jours, on ne remarqua aucun effet nuisible bien sensible, mais peu à peu les plants souffrirent, les feuilles supérieures se desséchèrent sans présenter aucune amertume. Le 18, la menthe était morte; plusieurs feuilles de la sensitive conservaient encore leur motilité; peu à peu elles tombèrent, la tige principale se dessécha, mais les branches submergées conservèrent toute leur fraîcheur. On peut, je pense, admettre que l'action toxique s'est surtout exercée sur les parties à peine organisées des racines, les spongioles, organes où abondent les matières azotées; en effet, nous avons toujours remarqué que l'absorption, qui était très-active, avait sinon disparu, au moins diminué d'une manière notable; puis on n'a retrouvé aucune trace du poison dans les parties supérieures des tiges; enfin, et ceci est décisif, les parties auxquelles l'eau ne pouvait parvenir que par l'intermédiaire des spongioles se sont complétement desséchées, tandis que les branches submergées ont conservé leur fraîcheur et leur état turgide.

Ce n'est pas seulement sur les plantes et sur les animaux vertébrés que les poisons strychniques manifestent leur fâcheuse influence. Des sangsues pla-

cées dans une dissolution contenant 1/1000 d'extrait alcoolique de noix vomique ne tardent pas à y souffrir, et y périssent après une à deux heures.

Quatre petits poissons furent placés dans une dissolution contenant 1/1000 d'extrait alcoolique de noix vomique, ils sont très-malades au bout de quatre minutes; trois sont sur le flanc, un seul nage encore assez régulièrement. Trois sont morts après quinze minutes; le moins affecté est sur le flanc; il vit pendant vingt minutes et meurt tout à coup.

On le voit, l'action de l'extrait alcoolique de noix vomique est tout à fait comparable à celle de la brucine et de la strychnine. L'intensité d'action est seulement un peu moindre, comme on aurait pu le prévoir.

Extrait d'aconit et de semences de colchique.

Les extraits d'aconit et de semences de colchique se rapprochent beaucoup par l'action qu'ils exercent sur les plantes et sur les poissons; nous allons les réunir dans un même article.

Des plants de *mimosa pudica* et de *mentha sylvestris* furent placés dans des dissolutions contenant 1/200, soit d'extrait d'aconit, soit de semences de colchique. Après les premiers jours, l'absorption fut notablement diminuée; mais les plants ne paraissaient pas avoir beaucoup souffert, seulement ils commencèrent à dépérir; les feuilles tombèrent ou se séchèrent peu à peu, et après un mois ou six semaines, tous les plants étaient morts.

Des poissons furent plongés dans une dissolution contenant 1/1000 d'extrait d'aconit: ils ne paraissent éprouver aucun effet nuisible pendant les deux premières heures; mais ils ne tardent pas à être affectés, et on les a trouvés morts après six heures.

Des poissons furent plongés dans une dissolution contenant 1/1000 d'extrait alcoolique de semences de

colchique : après une heure, ils sont en très-bon état ; mais au bout de deux heures ils sont influencés, et ils furent trouvés morts au bout de douze heures.

Staphysaigre, Cévadille, Coque du Levant.

Les trois substances que j'ai énoncées dans le titre précédent me semblent exercer sur les plantes et sur les poissons une action qui se rapproche beaucoup de celle de l'extrait d'aconit et de l'extrait de colchique, et qui pour les trois substances présente la plus grande analogie.

Des plants de *mimosa pudica* et de *mentha sylvestris* furent placés dans des infusions faites avec 10 grammes de semences de staphysaigre concassées pour 200 grammes d'eau. Les plants ne parurent pas beaucoup souffrir les premiers jours ; mais peu à peu les feuilles tombèrent et se desséchèrent, et après trois semaines, tous les plants étaient morts.

On fit infuser dans un litre d'eau 2 grammes de semences de staphysaigre broyées ; des poissons furent plongés dans cette infusion froide : ils paraissent très-agités de temps à autre, mais ils résistent assez bien pendant les premières heures. Au bout de six heures, ils sont manifestement influencés, et le lendemain on les trouva tous morts.

Des plants de *mimosa pudica* et de *mentha sylvestris* furent placés dans un macératum fait avec 10 grammes de semences de cévadille (*veratrum sabadilla*) et 200 grammes d'eau. Les trois premiers jours, l'absorption fut diminuée ; mais les plants ne parurent pas beaucoup souffrir ; quelques feuilles commencèrent à se sécher ou à tomber, et après vingt-cinq jours tous les plants étaient morts.

2 grammes de cévadille concassée furent macérés dans un litre d'eau ; des poissons furent plongés dans ce macératum : leurs mouvements furent brusques par intervalles ; au bout d'une demi-heure, ils eurent les

opercules des branchies presque complétement écartés; ils sont du reste assez tranquilles, mais ils furent trouvés morts le lendemain.

L'action de la *coque du Levant* (*cocculus suberosus*) sur les plantes a déjà été essayée par M. Marcet. J'ai fait avec elle les mêmes expériences sur les sensitives et les menthes qu'avec la cévadille et la staphysaigre. Les résultats que j'ai obtenus sont si complétement analogues, que je crois inutile de rapporter le détail des expériences.

On connaît généralement l'action toxique de la coque du Levant sur les poissons lorsque cette substance est ingérée dans l'appareil digestif. L'expérience suivante prouve que son action sur les branchies est aussi très-énergique.

2 grammes de coque du Levant concassés furent mis en macération pendant dix heures dans un litre d'eau; des poissons furent plongés dans ce liquide. Ils n'offrent rien à noter pendant la première heure; on s'aperçut bientôt que les opercules des branchies restaient constamment très-écartés; après quatre heures, ils sont vivement influencés. Ils viennent à la surface du liquide, leurs mouvements sont désordonnés. Après douze heures, ils furent trouvés morts.

Extraits des solanées vireuses.

Je réunis, sous le nom d'extraits de solanées vireuses, les extraits préparés avec la belladone, le stramoine et la jusquiame.

Les travaux de M. Flourens nous ont fait connaître l'action des principes actifs des solanées vireuses sur les animaux supérieurs.

M. Marcet a étudié l'action de ces substances sur les plantes; les résultats qu'il a obtenus se rapprochent beaucoup de ceux qu'il a observés avec l'extrait d'opium. J'arrive à des conclusions très-différentes; les extraits des solanées n'agissent que très-faiblement sur

les plantes et sur les poissons; l'action de l'opium est incomparablement plus énergique.

Des plants de *mimosa pudica* et de *mentha sylvestris* furent placés dans des dissolutions contenant 1/200 des extraits de sucs dépurés de jusquiame, de belladone et de stramonium. Les quinze premiers jours, les plants ne parurent nullement affectés. Les sensitives avaient conservé toute leur motilité; mais après ce temps, les feuilles commencèrent à se dessécher ou à tomber, et au bout d'un mois ou six semaines, tous les plants étaient morts.

Des poissons furent placés dans une dissolution contenant 1/1000 d'*extrait de jusquiame*, ils y restèrent huit jours sans en éprouver aucune influence fâcheuse; ils finirent par succomber, mais l'eau était gâtée.

Avec l'*extrait de stramoine*, on n'observa également aucun effet nuisible.

L'extrait de belladone exerce une action un peu plus manifeste. Après douze heures, les poissons m'ont semblé un peu souffrants. Ils m'ont paru éprouver quelques troubles dans la vision; mais ce phénomène est beaucoup moins remarquable que pour les animaux supérieurs, sur lesquels M. Flourens a fait ses belles expériences. Après trois jours ils sont sur le flanc, et ils ne tardent pas à succomber.

J'ai regretté de ne pas avoir à l'état d'isolement les alcalis des solanées vireuses, car je suis porté à croire que la composition des extraits des solanées est complexe, et que le principe qui agit sur l'homme et les animaux supérieurs est sans nulle influence sur les plantes et les animaux à branchies.

Extrait de ciguë.

M. Marcet a annoncé que l'extrait de ciguë à la dose de 1/200 environ déterminait un effet appréciable sur un plant de haricots après quelques minutes. Je

n'ai pas observé des résultats à beaucoup près aussi rapides.

Des plants de *mimosa pudica* et de *mentha aquatica* furent placés dans des dissolutions contenant 1/200 d'extrait de suc dépuré de ciguë; ces plants résistèrent pendant quinze jours. Ils se portaient aussi bien que dans l'eau pure, leur végétation était aussi active; après ce temps, ils commencèrent à dépérir, et tous étaient morts au bout de six semaines.

Des poissons furent placés dans une dissolution contenant 1/1000 d'extrait de ciguë; ils n'en éprouvèrent aucun effet nuisible pendant les premiers jours; ils succombèrent le cinquième, mais la dissolution était putréfiée.

Ainsi, tout nous autorise à conclure qu'on a fort exagéré l'action nuisible de l'extrait de ciguë sur les plantes. Il n'est guère plus actif que les extraits des solanées vireuses.

Produits animaux.

Parmi les produits animaux que j'ai essayés, je citerai plus particulièrement l'urée et l'urine dont j'ai fait connaître l'action en parlant des sels ammoniacaux, et les extraits de fiel de bœuf et de cantharides, dont il me reste à parler.

Des plants de *mimosa pudica* et de *mentha aquatica* furent placés dans des dissolutions contenant 1/200 d'extrait de fiel de bœuf; pendant les 20 premiers jours, les plants végétèrent tout aussi bien que ceux qui étaient dans de l'eau pure, puis ils commencèrent à dépérir peu à peu; mais ils résistèrent au moins six semaines. L'action de cette substance complexe est donc très-faible; il est même probable que, plus étendue, elle eût été nulle ou favorable.

Des poissons furent placés dans une dissolution contenant 1/1000 d'extrait de fiel de bœuf; ils n'éprouvèrent rien les premières 24 heures; le second

jour, ils paraissent un peu souffrants, et ils furent trouvés morts le troisième jour.

Des plants de *mimosa pudica* et de *mentha sylvestris* furent placés dans une dissolution contenant 1/200 d'extrait de cantharides. De même que dans l'extrait de fiel de bœuf, ils résistèrent pendant 20 jours sans plus souffrir que ceux qui étaient dans l'eau pure; mais ils finirent par se dessécher plus tôt que ceux qui étaient restés dans l'eau pure.

Des poissons furent placés dans une dissolution contenant 1/1000 d'extrait alcoolique de cantharides; ils ne manifestèrent aucune souffrance pendant les deux premiers jours; mais ils furent trouvés morts le quatrième.

Gommes-résines purgatives.

Parmi les substances purgatives, nous avons déjà essayé l'huile de croton dont l'action est très-énergique; des sels neutres, sulfates de soude et de magnésie, qui agissent très-faiblement sur les plantes et sur les poissons. Nous allons maintenant nous occuper de quelques matières extractives ou gommo-résineuses qui agissent comme purgatifs sur l'homme et sur les animaux supérieurs.

Un gramme de *scammonée d'Alep* fut délayé dans 200 grammes d'eau. Des plants de *mimosa pudica* et de *mentha sylvestris* furent plongés dans cette dissolution; au bout de trois jours, les feuilles commencèrent à se dessécher et à tomber, et après dix jours, tous les plants étaient morts.

Des poissons furent placés dans un liquide obtenu en mélangeant soigneusement 1 gramme de scammonée d'Alep dans un litre d'eau. Ils sont immédiatement influencés; l'un d'eux fait des bonds vers la surface du liquide; un autre est au fond du mélange et respire avec grande peine; ils sont trouvés morts après deux heures et demie.

La dose de la scammonée fut réduite à un demi-millième. Des poissons qu'on plaça dans ce liquide furent bientôt influencés ; au bout de trois quarts d'heure, ils sont sur le dos, et ils furent trouvés morts après 6 heures.

Un gramme de *gomme-gutte* fut délayé dans 200 grammes d'eau. Des plants de *mentha sylvestris* et de *polygonum orientale* furent placés dans cette dissolution : ils souffrirent peu pendant les cinq premiers jours ; mais les feuilles commencèrent à tomber peu à peu, et les plants étaient tous morts au bout de 25 jours, après avoir absorbé une forte proportion du liquide.

Des poissons furent plongés dans une dissolution contenant 1/1000 de gomme-gutte ; ils y éprouvèrent une continuelle agitation ; l'un d'eux meurt après 2 heures et demie, les autres furent trouvés morts le lendemain.

Aloès et coloquinte. — Un liquide obtenu en faisant macérer soit un gramme d'aloès, soit un gramme de coloquinte, dans 200 grammes d'eau, n'exerce sur les plantes qu'une action nuisible extrêmement lente ; sur les poissons l'action n'est pas beaucoup plus active.

Des poissons furent plongés dans une dissolution contenant 1/1000 d'aloès. Ils ne sont nullement affectés durant les premières heures ; le lendemain, ils paraissent moins agiles ; après trois jours, l'un est trouvé mort ; les autres résistent 4 et 5 jours.

Des poissons furent plongés dans un macératum de 2/1000 de coloquinte. Ils paraissent très-peu affectés quelques heures après ; on remarque seulement que les opercules des branchies sont plus fortement ouverts. Ils sont très-affectés après 3 jours, et ils ne tardent pas beaucoup à succomber.

Extrait de gentiane, de pissenlit.

Il manquait une vérification aux expériences qui ont pour but de prouver l'influence nuisible des extraits actifs sur les plantes et sur les poissons; cette vérification consiste à éprouver comparativement l'action d'extraits amers, dont l'inactivité est généralement admise, et c'est ce que nous avons fait.

Des plants de *mimosa pudica* et de *mentha sylvestris* furent plongés dans une dissolution contenant 1/200 des extraits soit de gentiane, soit de pissenlit, soit de saponaire.

Ces plants résistèrent plus d'un mois dans ces dissolutions; les sensitives conservèrent toute leur motilité : l'absorption n'est pas sensiblement diminuée, et le principe amer de ces extraits est aussi absorbé, car les feuilles des plants expérimentés prennent dans la solution d'extrait de gentiane une amertume très-prononcée. Il faut dire que ces plantes finissent par languir et se dessécher plus tôt que dans l'eau pure; mais cela est dû évidemment à l'accumulation d'un principe étranger; car, pendant le premier mois, malgré l'activité de l'absorption, je n'ai noté aucun effet nuisible.

Des poissons furent placés dans une dissolution contenant 1/1000 d'extrait de pissenlit; pendant huit jours ils n'en éprouvent aucun effet nuisible. D'un autre côté, trois petits poissons furent plongés, le 11 février, dans une dissolution contenant 1/1000 d'extrait de gentiane, et ils en furent retirés bien portants le 25 mars, et, pendant tout ce temps, la dissolution ne fut pas changée une seule fois.

C'est une preuve décisive de l'innocuité de ces extraits.

Gomme arabique, Sucre, Glucose, Lactine, Mannite, Albumine.

J'ai fait de nombreuses observations sur l'action des substances désignées en tête de ce paragraphe, lorsqu'elles sont absorbées par les racines des plantes. Comme les résultats que j'ai observés ne présentent rien de spécifique, je crois convenable de me borner à exposer les faits généraux.

A la dose de 1/1000, les substances ci-dessus désignées, lorsque les dissolutions sont renouvelées convenablement pour éviter toute altération, ne produisent aucun effet nuisible bien appréciable lorsqu'elles sont absorbées par les racines des plantes.

Ces substances ne m'ont point paru assimilées, car des plants végétant comparativement dans de l'eau ont pris autant au moins d'accroissement en poids.

Si on augmente la proportion des substances dissoutes, et si on les porte successivement à 1/500, 1/100, 1/50, 1/25, 1/10, l'action nuisible est d'autant plus énergique que cette solution est plus dense.

L'influence de la viscosité me paraît nulle ; celle de la densité est plus importante. Toutes ces substances agissent lentement ; des plantes persistent des mois entiers dans des solutions assez concentrées ; mais elles se portent toujours beaucoup mieux dans l'eau pure.

Toutes ces substances n'agissent évidemment pas comme poisons, mais en contact avec les spongioles, elles s'opposent à l'absorption en raison directe de leur coefficient endosmosique. La mort des plants dans des solutions concentrées arrive parce que les conditions endosmosiques de l'absorption n'existent plus.

Les faits suivants, observés sur les poissons, sont complétement d'accord avec ce que nous venons d'énoncer.

Sucre. — Des poissons furent plongés dans une

dissolution contenant 1/100 de sucre. Un d'eux périt après 24 heures ; mais tous les autres furent trouvés en bonne santé après 3 jours. Deux poissons vécurent très-bien pendant deux jours dans des dissolutions contenant 1/50, 1/25 de sucre. Trois poissons furent placés dans une dissolution contenant 1/10 de sucre; l'un d'eux est trouvé mort après 24 heures ; après 3 jours les autres sont souffrants, et ils périssent le quatrième.

Des poissons furent plongés dans des dissolutions aussi concentrées que possible de lactine sans éprouver aucune influence fâcheuse.

Ils vécurent également dans une décoction liquide d'*amidon* et dans de l'eau albumineuse faite avec deux blancs d'œufs dans un litre d'eau.

Des poissons furent placés dans une dissolution contenant 1/50 de gomme arabique ; ils s'y portent bien après 48 heures. Il en est de même dans une dissolution à 1/25. Dans une dissolution contenant 1/10 de gomme arabique, ils sont après 24 heures sur le flanc et à la surface du liquide; mais ils y vivent encore après trois jours, et si on vient à les retirer et à les plonger dans l'eau pure, ils sont bientôt rétablis.

Ces expériences sont importantes, parce qu'elles prouvent que la viscosité du liquide n'est pas la cause qui est intervenue pour déterminer la mort des poissons dans les précédentes observations.

Des poissons furent placés dans une dissolution contenant 1/100 de mannite. Ils n'éprouvent aucun effet nuisible après 2 jours ; ils vivent également bien deux et trois jours dans des dissolutions à 1/50, puis à 1/25. Dans une dissolution contenant 1/10 ils ne furent pas très-affectés pendant les 24 premières heures; mais on les trouva morts après 48 heures.

La *mannite* n'agit guère plus sur les plantes et sur les poissons que le sucre.

Résumé et corollaires.

Arsenicaux. — Les préparations arsenicales suivantes : acides arsénique, arsénieux, arséniates de potasse et de soude, à la dilution de 1 millième, empoisonnent les végétaux. Les sangsues, les poissons éprouvent l'action toxique de ces mêmes dissolutions, dont l'énergie, à dose égale, suit exactement l'énonciation que j'en ai faite. Dans une dissolution à 1 millième d'acide arsénique, les poissons succombent après trois quarts d'heure ; ils résistent onze heures dans une dissolution d'arséniate de potasse, et enfin un petit poisson vécut six jours dans une dissolution contenant 1 millième d'arséniate de soude.

Les préparations arsenicales ne doivent pas être rangées dans les poisons généraux. M. Jæger a vu une petite plante rameuse que, d'après sa description, D. C. soupçonne être le *mucor imperceptibilis*, croître dans l'eau saturée d'acide arsénieux. J'ai eu une occasion de vérifier l'exactitude de ce fait.

Antimoniaux. — Les rapprochements si nombreux qui existent entre les préparations arsenicales et les préparations antimoniales se trouvent encore fortifiés par les faits suivants.

L'influence de l'émétique sur les plantes, sur les poissons et sur les annélides ressemble infiniment à celle des préparations arsenicales. L'action de ce sel est beaucoup moins énergique sur les poissons que celle de l'acide arsénique ; mais elle est plus rapide et plus puissante à doses égales que celle de l'acide arsénieux, et à plus forte raison que celle de l'arséniate de soude.

Les préparations antimoniales solubles, pas plus que les préparations arsenicales, ne doivent être considérées comme des poisons généraux. J'ai vu se développer dans une solution d'émétique une végé-

tation exactement pareille à celle dont j'ai signalé l'existence dans la dissolution d'acide arsénieux.

Mercuriaux. — Les préparations mercurielles solubles nous ont offert des résultats bien dignes, selon moi, de fixer l'attention ; elles doivent être considérées comme des poisons généraux. Aucune plante, aucun animal (parmi ceux que nous avons expérimentés) n'ont résisté à leur influence.

Des dissolutions à 1 millième de bichlorure de mercure empoisonnent rapidement les plantes. Des sangsues, des poissons plongés dans cette même dissolution sont instantanément affectés et y périssent au bout de quelques minutes.

L'action délétère des sels mercuriels est vraiment prodigieuse par rapport à la petitesse de la dose. Je vais en citer un exemple. Un milligramme d'iodure de mercure fut dissous dans 1000 grammes d'eau, à l'aide de 1 milligramme d'iodure de potassium. On y plongea quatre petits poissons : un meunier (*cyprinus*), un goujon (*cyprinus gobio*), deux bouvières (*cyprinus amarus*). Après trois quarts d'heure, ils parurent mortellement affectés : le meunier et le goujon moururent après deux heures ; les deux bouvières résistèrent pendant plus de quatre heures, mais toutes leurs forces les avaient abandonnées ; elles stationnaient presque sans mouvement à la surface du liquide, la tête haute ; elles cessèrent de vivre dans la soirée.

Une solution encore plus diluée peut manifester son action nuisible, mais dans un temps plus long. Cette action sera encore plus énergique si la température est élevée, car j'ai remarqué que plus la température était élevée, plus l'action des substances toxiques sur les plantes et les poissons était prompte et énergique.

La proportion du sel mercuriel est tellement faible qu'elle échappe à nos réactifs, et la quantité que les poissons en absorbent est pondérablement inappréciable. Ceci devient plus remarquable, si on se

rappelle l'action comparée des arsenicaux. Un poisson a pu vivre six jours dans de l'eau contenant par litre 1 gramme d'arséniate de soude, et les mêmes animaux succombent après quelques heures dans une dissolution renfermant également par litre 1 millig. de bi-iodure de mercure. Ainsi, le bi-iodure de mercure est pour les poissons mille fois au moins plus vénéneux que l'arséniate de soude.

J'ai fait des expériences pour comparer l'action délétère des divers composés mercuriels solubles ; en voici les résultats : le bi-iodure rendu soluble à la faveur de l'iodure de potassium est incomparablement plus énergique, à dose égale, que le bichlorure ; le cyanure de mercure a une action toxique moins énergique que celle du bichlorure.

Sels d'argent. — Le nitrate d'argent est un poison très-puissant pour les plantes, pour les poissons et pour les annélides. Si on compare l'action du nitrate d'argent à celle du bichlorure ou du bi-iodure de mercure, on voit qu'à la dose d'un millième le nitrate d'argent agit avec plus de rapidité et d'énergie ; mais à la dòse d'un cent-millième, le bichlorure et surtout le bi-iodure de mercure sont plus promptement et plus énergiquement vénéneux.

Sels d'or et de platine. — Les chlorures d'or, les chlorures de platine agissent encore avec beaucoup de force sur les plantes, sur les sangsues et sur les poissons ; mais leur action est incomparablement moins prompte que celle du bichlorure de mercure et du nitrate d'argent.

Le chlorure de platine est moins promptement mortel que le chlorure d'or.

Sels de cuivre. — Tous les faits connus, toutes les expériences que je relate dans mon Mémoire tendent à faire considérer les sels de cuivre solubles comme des poisons généraux moins énergiques que les sels solubles de mercure et d'argent ; mais, comme

eux, à dose suffisante, ils n'épargnent aucun être organisé vivant.

Sels de zinc. — Les sels de zinc solubles agissent absolument comme les sels de cuivre ; seulement leur action est deux ou trois fois moins prompte et moins énergique. Le chlorure de zinc, au même degré de dilution que le sulfate, a une action très-comparable ; elle est seulement un peu plus prompte et plus puissante.

Sels de plomb. — Les sels de plomb solubles empoisonnent les plantes, les poissons et les sangsues ; mais leur action nuisible, à dose égale, est moins grande que celle des composés solubles de mercure, d'argent, de cuivre, et même de zinc.

Sels de fer. — Les sels de fer solubles, à la dose d'un deux-centième pour les plantes, et d'un millième pour les poissons, sont encore des poisons assez énergiques ; mais, quand les solutions sont convenablement affaiblies, ils ne déterminent aucun effet nuisible.

Sels neutres alcalins. — J'ai étudié avec le plus grand soin l'action des sels neutres les plus importants sur les plantes, les poissons et les sangsues ; j'ai pu ainsi les classer nettement d'après l'énergie de leur action physiologique ; je vais énoncer les résultats principaux de ces observations.

Les sulfates de soude et de magnésie se rapprochent singulièrement par rapport à leur action. L'innocuité des solutions de ces sels sur les poissons est fort remarquable : qu'il nous suffise de dire que ces animaux ont pu vivre plus de quarante-huit heures dans une solution contenant un vingtième de l'un ou l'autre de ces sels. Ce résultat paraîtra fort remarquable, si on pense à la saveur et à la densité considérable de telles dissolutions, qui sont beaucoup plus élevées que pour l'eau de Sedlitz. Si la dose des sels est portée à un dixième, les poissons succombent après quatre heures. Si les dissolutions étendues des

sulfates de soude et de magnésie exercent sur les plantes une action funeste à la longue, cela tient à une circonstance particulière : la plante absorbe incessamment la dissolution, l'eau s'évapore, le sel reste à l'état de concentration, et son action nuisible se fait alors sentir.

Le sulfate de potasse diffère beaucoup pour son activité des sulfates de soude et de magnésie : des poissons périssent assez promptement dans des dissolutions qui n'en contiennent qu'un centième. Les plantes sont aussi plus vivement affectées par des dissolutions de ce sel que par des dissolutions des sulfates de soude et de magnésie. Ceci vient donner une grande vraisemblance aux cas d'empoisonnements déterminés par ce sel, et qui ont été dernièrement rapportés.

Les phosphate et acétate de soude sont moins nuisibles que le sulfate de potasse; mais ils affectent plus vivement les plantes et les poissons que les sulfates de soude et de magnésie. Les poissons vivent très-bien dans une dissolution contenant un cinquantième de ces sels, mais périssent assez vite dans des dissolutions à un vingt-cinquième.

Le borate de soude est plus nuisible pour les plantes que le phosphate et l'acétate de soude.

Les poissons périssent promptement dans une dissolution à un centième, et plus lentement dans une dissolution à un millième.

Mes expériences sur l'action du sel marin sur les plantes et sur les poissons établissent qu'à petites doses le chlorure de sodium excite la végétation ; mais lorsqu'il vient à se concentrer dans les plantes par l'évaporation continuelle de l'eau absorbée, il agit alors comme poison.

Des poissons d'eau douce vivent dans une solution contenant un centième de sel marin ; mais ils périssent assez vite dans une dissolution à un cinquantième.

Le chlorure de barium est un poison assez puissant pour les animaux les plus élevés dans la série ; mais il n'en est point ainsi pour les plantes et pour les poissons. Il m'est bien démontré qu'il est plus nuisible pour les végétaux que les sels de soude et de magnésie ; mais il l'est infiniment moins que les sels de plomb solubles, auxquels il a été assimilé par les expérimentateurs qui m'ont précédé. Des poissons vivent très-bien dans une solution à un millième de chlorure de barium ; mais ils périssent après vingt-quatre heures dans une solution contenant un centième de ce sel.

On sait que le chlorure de calcium est infiniment moins dangereux pour les animaux supérieurs que le chlorure de barium : chez les poissons, c'est le contraire qu'on observe. L'action de ces sels sur les plantes est peu différente. Des poissons périssent après vingt-deux heures de séjour dans une dissolution qui ne contient qu'un millième de chlorure de calcium.

Les nitrate et chlorate de potasse, qui sont si rapprochés sous le rapport chimique, sont encore unis de la manière la plus étroite sous le point de vue de leur action physiologique ; aux mêmes doses, ils déterminent sur les plantes et sur les poissons les mêmes effets. Des dissolutions très-étendues agissent d'abord en excitant la végétation ; mais par le temps, par la concentration, les effets nuisibles de ces sels se font bientôt sentir. Les poissons peuvent vivre dans des dissolutions contenant un millième de chlorate ou de nitrate de potasse. Quand la dose est portée à un centième, ils périssent dans les vingt-quatre heures.

L'iodure de potassium, le prussiate de potasse, voilà deux sels qui, quoique très-éloignés des précédents sous le rapport de la constitution chimique, s'en rapprochent cependant par leur action sur les poissons : ainsi ces animaux peuvent vivre dans des dissolutions contenant un millième d'iodure de potassium ou de prussiate de potasse ; mais si on les

plonge dans des solutions à un centième, ils résistent rarement plus de vingt-quatre heures.

L'iodure de potassium et le prussiate de potasse sont beaucoup plus nuisibles aux plantes que les sels précédents ; mais leur nocuité est parfaitement comparable, si bien que ces deux sels doivent marcher absolument sur la même ligne.

Le bichromate de potasse empoisonne assez rapidement les végétaux : à la dose d'un millième, il tue les poissons dans l'espace de six à huit heures ; le chromate neutre est beaucoup moins nuisible, les plantes résistent plus longtemps ; les poissons vivent vingt-quatre heures dans une dissolution à un millième, mais ils meurent dans le même espace de temps dans une dissolution à un cinq-centième.

Iode, brome, chlore. — L'iode, le brome, le chlore exercent sur les plantes et sur les poissons une action très-énergique, et qui, pour ces trois corps, ne diffère que par l'intensité.

Dans des dissolutions ne contenant pas 1/1000 de ces corps, les plantes périssent au bout de deux ou trois jours, et les poissons succombent dans l'espace de deux à cinq minutes. Le brome à la dose de 1 millième a encore une grande activité toxique.

Alcalis. — Les alcalis caustiques, la soude, la potasse et la chaux caustiques exercent sur les plantes une action très-promptement nuisible à des doses très-faibles.

Les sangsues plongées dans des dissolutions alcalines à 1/1000 souffrent immédiatement, et meurent après quinze minutes. Des poissons ne résistent pas davantage dans la même dissolution.

Les carbonates et bicarbonates alcalins agissent d'une manière très-différente sur les plantes, suivant l'état de concentration des liqueurs. Dans une dissolution de 1/200, les spongioles sont bientôt noircies, les feuilles se dessèchent et les plantes meurent. Avec des dissolutions à 1/1000 on obtient des résultats tout

différents : les plantes ne souffrent plus, et les tiges se développent avec plus de rapidité et d'énergie.

Les poissons périssent après vingt-huit heures dans des dissolutions contenant 1/1000 de carbonate de potasse; ils existent très-bien dans la dissolution à 1/1000 de bicarbonate; la dose de ce dernier sel peut même être élevée à 1/100 sans être nuisible, mais ils succombent au bout de quelques heures dans une solution de 1/50.

J'ai exposé dans un mémoire spécial l'action des sels ammoniacaux sur les végétaux; les faits que j'ai rapportés se trouvent encore corroborés par les suivants : des sangsues ou des poissons succombent après vingt ou trente minutes dans des dissolutions contenant 1/1000, soit d'ammoniaque liquide, soit de carbonate d'ammoniaque.

Avec le chlorhydrate ou le nitrate d'ammoniaque à la même dilution de 1/1000, les poissons succombent ordinairement au bout de vingt-quatre heures.

L'urée, comme on pouvait s'y attendre, est infiniment moins nuisible que les sels ammoniacaux. Les poissons vivent dans des dissolutions contenant 1/100 de ce produit; lorsqu'on élève la dose à 1/50, ils périssent dans les vingt-quatre heures.

Acides. — Tous les acides extrêmement étendus ont présenté à notre attention des résultats aussi neufs qu'inattendus.

Tous les acides solubles, pour ainsi dire, ont une action analogue; mais le plus remarquable de tous est l'acide chlorhydrique.

Des dissolutions ne contenant que 1/1000 à peine d'acide chlorhydrique réel agissent sur les plantes avec la plus grande énergie et d'une façon toute spéciale. Ce n'est point par l'action directe de l'acide que les plantes périssent, mais par la dissolution des spongioles et par une véritable interruption d'absorption. Les parties supérieures des plantes commencent à se flétrir, tandis que les branches immergées dans le li-

quide, et préservées par la cuticule, conservent toute leur fraîcheur.

Des poissons plongés dans de l'eau contenant 1/2 millième d'acide chlorhydrique, offrant à peine une réaction acide, sont vivement influencés; après dix minutes, leurs mouvements sont désordonnés, et ils succombent au bout de trois quarts d'heure. L'examen anatomique des branchies nous a offert de très-remarquables altérations : elles ne sont plus rosées, mais pâles et ramollies : examinées au microscope, elles nous ont paru transformées en une véritable bouillie pultacée.

L'action toxique si remarquable de l'acide chlorhydrique affaibli, sur les plantes et sur les poissons, peut trouver une explication satisfaisante; en effet, la vie cesse chez les poissons et les plantes, parce que les spongioles et les branchies, n'étant point protégées par un épiderme ou du mucus, sont dissous par ce liquide comme l'est le tissu cellulaire ou musculaire : l'organe étant détruit, la fonction la plus importante se trouve interrompue, et la plante ou l'animal périt.

La proportion d'acide peut encore être réduite, et l'action dissolvante et toxique peut encore être observée. Des poissons meurent au bout de six à huit heures dans des dissolutions ne contenant que 2/10000 d'acide chlorhydrique; les branchies sont encore pâles, décolorées; leurs cellules superficielles sont détruites et converties en un enduit albumineux.

Rien, avant mes observations, ne pouvait faire prévoir qu'une si faible proportion d'acide chlorhydrique aurait une influence si considérable sur les plantes et sur les animaux à branchies. On peut déjà être frappé d'un rapprochement singulier entre des êtres si différents; de nouveaux faits d'une grande valeur viendront bientôt donner plus d'importance à ce rapprochement.

Je rapporte dans mon mémoire les expériences

détaillées qui établissent que les acides sulfurique, nitrique, phosphorique, oxalique, tartrique, citrique, acétique, formique, exercent une action analogue à celle de l'acide chlorhydrique, mais la dose doit être plus élevée.

L'acide benzoïque est un des acides les plus faibles, un de ceux dont l'action sur les animaux supérieurs est la moins énergique ; il n'en est pas de même sur les plantes et sur les animaux à branchies. Voici le résultat le plus remarquable.

Si on plonge des poissons dans une dissolution contenant 1/1000 d'acide benzoïque, immédiatement leurs mouvements sont désordonnés : ils se mettent sur le flanc au bout de quinze minutes, et périssent après trente-cinq minutes.

Les branchies sont encore pâles et attaquées ; mais l'action si vive de l'acide benzoïque ne me paraît pas dépendre entièrement de la propriété commune aux autres acides ; elle se rattache plutôt aux propriétés des matières volatiles aromatiques que nous allons bientôt examiner.

L'acide borique, qui s'éloigne déjà des autres acides par ses caractères chimiques, en diffère aussi par son action physiologique ; il en faut des doses beaucoup plus considérables pour tuer les végétaux : les poissons vivent dans des dissolutions à 1/500. Ils sont d'abord très-peu influencés dans une dissolution à 1/100, mais ils finissent par y mourir au bout de quarante-huit heures.

On pourrait, *à priori*, être porté à penser que le tannin devrait agir sur les plantes et sur les poissons avec plus d'énergie que les acides que j'ai énumérés ; il n'en est rien. Cependant la plupart des végétaux périssent assez vite dans des dissolutions de tannin à 1/200. Dans une dissolution à un millième, les poissons ne semblent pas beaucoup influencés pendant la première heure, mais au bout de deux heures

ils s'agitent violemment, et succombent après cinq heures.

Composés cyaniques. — L'influence nuisible des composés cyaniques sur les végétaux a été étudiée par un grand nombre d'auteurs, les faits ont été bien observés; mes expériences me portent à regarder l'acide cyanhydrique comme un poison général : son action s'étend sur tout ce qui vit, la vie n'eût-elle pour support qu'une cellule organique. De Candolle, d'après Gœppert, a classé l'acide cyanhydrique en tête des poisons des végétaux. Son action est sans doute rapide et énergique, car une solution à 1/1000 fait périr des plantes vigoureuses en vingt-quatre heures; mais si on fait entrer en ligne de compte l'intensité et la dose, les composés mercuriels dont nous avons parlé, et quelques essences dont nous allons bientôt nous entretenir, doivent passer avant l'acide cyanhydrique. Des poissons meurent dans des dissolutions contenant seulement 1/10000 d'acide cyanhydrique, et cela après deux heures.

Le cyanure de potassium agit absolument comme l'acide cyanhydrique; le prussiate de potasse, au contraire, n'a guère plus d'action que le nitrate de potasse.

Les eaux distillées de laurier-cerise et d'amandes amères sont certainement infiniment plus nuisibles pour les plantes et pour les poissons que des dissolutions aqueuses d'acide cyanhydrique à la même dilution.

Des poissons qu'on place dans ces eaux distillées sont immédiatement foudroyés.

J'ai vérifié que les branches du laurier-cerise sont empoisonnées comme les autres végétaux par l'eau distillée de laurier-cerise.

Sulfures. — Les polysulfures de potassium ou d'ammonium, à la dilution de 1/1000, tuent également les plantes et les poissons avec beaucoup de rapidité.

Huiles volatiles. — Les faits que j'ai observés sur l'action délétère des huiles volatiles sur les plantes et sur les poissons, me semblent dignes de fixer l'attention. On a déjà signalé cette action nuisible des huiles essentielles sur les plantes ; mais elle n'a pas été appréciée à sa juste valeur, parce que les doses employées par les observateurs ont été beaucoup trop considérables.

Les végétaux plongés par leurs racines dans de l'eau ne contenant en dissolution que 1/1000 d'essence de moutarde, périssent après vingt-quatre heures. Des sangsues y sont immédiatement affectées, et succombent au bout de vingt-cinq minutes. Des poissons qu'on plonge dans cette dissolution y sont comme foudroyés ; ils sont également influencés et périssent après six heures dans une liqueur qui ne contient que 1/20000 d'essence de moutarde.

L'essence d'amandes amères privée d'acide cyanhydrique agit peut-être encore avec plus d'énergie et sur les plantes et sur les poissons. Des poissons placés dans une dissolution à 1/1000 ont des mouvements désordonnés après sept minutes, et périssent après une heure.

Cette essence, privée d'acide cyanhydrique, agit sur les plantes et les poissons certainement avec plus de puissance que l'acide lui-même.

L'huile essentielle d'anis vient peut-être au premier rang, par rapport à la rapidité et à l'énergie de son action : 2 gouttes dans un litre d'eau suffisent pour tuer un grand nombre de poissons. Les essences de girofle, de cannelle, de valériane, de cajeput, de fleurs d'oranger, etc., s'en rapprochent beaucoup : les quantités pondérables qui suffisent pour empoisonner les plantes et les poissons sont vraiment inappréciables.

Les essences de térébenthine, de copahu, de citron, quoique extrêmement actives, le sont moins que les essences précédentes.

Les plants de menthe poivrée sont tués comme les autres végétaux par l'essence de menthe.

Le camphre agit sur les plantes et sur les poissons absolument comme les huiles essentielles; son énergie toxique est seulement trois ou quatre fois moins considérable.

La créosote se rapproche infiniment des essences pour son action sur les plantes et les poissons; elle est plus active que les essences de térébenthine ou de citron, mais elle l'est moins que celle d'anis : des poissons sont immédiatement affectés dans une dissolution à 1/1000 ; ils périssent après six heures dans une dissolution à 1/10000.

Alcool, éthers. — L'alcool, les éthers doivent être rangés au nombre des substances qui empoisonnent assez vivement encore les poissons et les plantes, mais leur action est moins énergique que celle des huiles essentielles.

Des poissons vivent dans l'eau contenant 5 pour 1000 d'alcool, mais ils périssent lorsqu'on en élève les proportions à 7,50 pour 1000.

L'éther sulfurique les tue assez vite à la dose de 5 pour 1000; l'éther acétique est beaucoup plus énergique : il les empoisonne assez promptement à la dose de 1/1000.

Le chloro-forme et l'iodo-forme agissent plus énergiquement sur les poissons que l'alcool et les éthers, un peu moins que les huiles essentielles. Ils forment le passage entre ces corps.

Alcalis végétaux. — L'influence des alcalis végétaux sur les plantes, ou celle des produits qui en contiennent, a été différemment appréciée par les expérimentateurs : les uns aperçoivent une action semblable à celle exercée sur les animaux supérieurs; les autres, au contraire, leur refusent toute espèce d'action. Ce désaccord réclamait des expériences souvent répétées. J'ai besoin de redire encore que j'ai toujours opéré sur des tiges munies depuis plus d'un

mois de nombreuses racines adventives, et séjournant dans l'eau depuis plus de deux mois. Je suis convaincu que les contradictions les plus tranchées proviennent de cette cause : que les conditions dans lesquelles les expériences ont été faites n'étaient pas exactement pareilles.

Je reviendrai prochainement sur l'influence de ces circonstances accessoires, et je montrerai combien est grande leur importance, et quel parti nous pourrons en tirer, pour nous faire des idées exactes sur les théories des engrais, des amendements et des assolements.

Les alcalis végétaux que j'ai choisis sont : la strychnine, la brucine, la vératrine, la morphine, la narcotine. Pour les avoir à l'état de dissolution, j'opérais toujours sur leurs sels.

De tous les alcalis végétaux, c'est la strychnine qui vient au premier rang par rapport à son action toxique sur les animaux ; il en est encore de même si on considère son action sur les plantes.

Une dissolution à 1/200 de chlorhydrate de strychnine a tué les plantes dans l'espace de cinq jours. J'ai recherché la strychnine dans les parties non submergées des tiges ; je n'en ai trouvé aucune trace. Des poissons plongés dans une dissolution de chlorhydrate de strychnine à 4/10000, sont immédiatement influencés, et après dix minutes, ils ne donnent plus aucun signe de vie.

Les observations de M. Magendie et celles de M. Andral ont montré que la brucine exerçait une action beaucoup plus faible sur les animaux supérieurs que la strychnine ; eh bien ! sur les plantes et sur les poissons, cette action est loin de présenter des différences aussi remarquables. La brucine agit avec presque autant d'énergie que la strychnine ; elle doit être placée évidemment au second rang, avant la vératrine, la morphine, etc.

La vératrine est une des bases organiques dont l'ac-

tion toxique est commune aux animaux supérieurs et à ceux placés plus bas dans la série; elle agit aussi avec une grande puissance sur les plantes et sur les poissons. Ces derniers animaux, placés dans une dissolution contenant 1/10000 de cet alcali, sont influencés après quatre minutes. On remarque des mouvements brusques de la partie postérieure du corps; ils succombent après quatre et cinq heures.

Les auteurs qui ont écrit sur l'action de la morphine ou de l'opium sur les végétaux sont loin d'être d'accord; j'ai fait avec ces poisons de nombreuses expériences sur la sensitive et sur d'autres plantes : elles établissent toutes que ce que l'on a dit touchant l'analogie de l'influence des narcotiques sur les animaux supérieurs et les plantes est imaginaire. Rien ne nous autorise à reconnaître pour vrai ce prétendu sommeil de la sensitive. Si la motilité diminue, cela tient, à n'en pas douter, à l'état de souffrance de la plante. Ce qui est positif, c'est que les sels solubles de morphine, agissant sur les racines, éteignent la vie des spongioles et arrêtent ainsi l'absorption. C'est la seule manière d'expliquer l'action nuisible de la morphine; car je n'ai pas retrouvé dans les parties supérieures des tiges une trace de morphine.

La morphine agit sur les poissons avec infiniment moins d'activité que la strychnine, la brucine ou la vératrine. Des poissons ont vécu trois jours dans une dissolution contenant un millième de morphine.

Un fait qui m'a paru fort remarquable, et qui semble paradoxal au premier abord, c'est qu'à poids égal l'extrait d'opium agit avec infiniment plus d'énergie sur les plantes et sur les poissons que le chlorhydrate de morphine. Des poissons périssent au bout d'une heure dans une dissolution ne contenant qu'un millième d'extrait d'opium, et ils succombent au bout de trois jours dans une dissolution à un dix-millième.

Ce n'est pas la narcotine qui est cause de cette

différence ; car cette base organique, combinée avec l'acide chlorhydrique à la dose d'un millième, ne nous a paru avoir aucune action fâcheuse sur les plantes et sur les poissons.

On doit probablement attribuer la grande activité de l'extrait d'opium, ou à la résine, ou à l'alcali âcre de l'opium.

Avant d'étudier l'action du sulfate de quinine, j'étais loin de m'attendre aux résultats que j'ai obtenus; ils prouvent que ce sel est infiniment plus nuisible pour les plantes et pour les poissons que les sels solubles de morphine. Des poissons placés dans une dissolution contenant un millième de sulfate de quinine ne tardent pas à être affectés et à présenter des mouvements désordonnés; ils périssent après quatre ou six heures. Dans une dissolution à quatre dix-millièmes, ils résistent trente-six heures.

Des sangsues vivent dans une dissolution à un millième de sulfate de quinine; elles périssent, dans les vingt-quatre heures, dans une dissolution à deux-millièmes.

J'ai été curieux de rapprocher l'action de la salicine de celle du sulfate de quinine; l'expérience m'a prouvé que la salicine n'exerce sur les plantes et sur les poissons qu'une action extrêmement faible. Des poissons vivent plusieurs jours dans une dissolution de salicine à un millième.

Les principes actifs contenus dans l'aconit, la colchique, la staphysaigre, la cévadille, la coque du Levant, exercent sur les plantes et sur les poissons une action très-analogue; tous ces principes doivent être classés au nombre des poisons généraux assez énergiques.

Les travaux de M. Flourens nous ont fait connaître l'action des principes actifs des solanées vireuses sur les animaux supérieurs. L'influence de ces mêmes agents sur les plantes a été singulièrement exagérée : mes expériences m'ont démontré que les extraits des

solanées vireuses n'avaient qu'une action aussi lente que faible sur les végétaux et sur les poissons ; il en est de même pour l'extrait de ciguë.

Substances neutres. — J'ai essayé l'action sur les végétaux de plusieurs substances inertes, telles que : sucre, glucose, lactine, mannite, gomme, albumine, extraits de gentiane, de pissenlit, etc.

A la dose de 1 millième, les substances désignées, lorsque leurs dissolutions sont renouvelées convenablement pour éviter toute altération, ne produisent aucun effet nuisible appréciable lorsqu'elles sont absorbées par les racines des plantes.

Si on augmente la proportion des substances dissoutes, et si on les porte successivement à 1 cinq-centième, 1 centième, 1 cinquantième, 1 vingt-cinquième, 1 dixième, l'action nuisible est d'autant plus énergique que la solution est plus dense.

Toutes ces substances agissent lentement ; des plantes persistent des mois entiers dans des solutions concentrées ; mais elles se portent toujours mieux dans l'eau pure.

Toutes ces substances n'agissent évidemment pas comme poisons; mais, comme elles sont en contact avec les spongioles, elles s'opposent à l'absorption en raison directe de leur coefficient endosmosique ; la mort des plantes, dans ces solutions concentrées, arrive parce que les conditions endosmosiques de l'absorption n'existent plus.

Les faits observés sur les poissons sont complétement d'accord avec ceux que nous venons d'énoncer ; ces animaux vivent dans des dissolutions à 1 vingt-cinquième, soit de sucre, soit de glucose, soit de gomme, soit de mannite ; mais ils souffrent et succombent au bout de deux ou trois jours dans une dissolution à 1 dixième. La dissolution de gomme, malgré sa grande viscosité, est peut-être la plus innocente.

Corollaires. — Je viens d'exposer le résumé de

tous les faits de détails contenus dans mon mémoire; pour les réunir il m'a fallu plusieurs années. La collaboration active et intelligente de deux de mes élèves, MM. Veret et Dutoit, m'a été fort utile.

Je vais actuellement considérer ce travail dans son ensemble, et en déduire les faits généraux et les corollaires les plus importants.

1° En jetant un coup d'œil sur toutes les observations que j'ai rapportées, on ne peut manquer d'être frappé de la parfaite similitude d'action des agents les plus divers sur les plantes et sur les animaux à branchies; tout est d'une admirable conformité : action des arsenicaux, des mercuriaux, des bases organiques actives, toujours une intensité proportionnelle; et ce qui achève de compléter cette analogie si inattendue, c'est de voir des substances qui ne sont point considérées comme poisons pour les animaux supérieurs, les acides extrêmement dilués, les huiles essentielles, manifester une action toxique des plus énergiques et parfaitement semblable sur les plantes et sur les poissons.

Voilà donc une ressemblance nouvelle qu'on ne soupçonnait guère entre les animaux et les végétaux.

En réfléchissant à cette similitude d'action d'agents si divers sur les plantes et sur les poissons, on ne peut s'empêcher de croire que des organes qui reçoivent une impression directe identique d'agents si différents, doivent présenter entre eux la plus parfaite analogie. Il me semble qu'on peut admettre aujourd'hui une identité fonctionnelle aussi remarquable qu'inattendue entre les branchies des poissons et les spongioles des plantes.

Les végétaux fixés au sol auraient ainsi deux moyens, que la nature a séparés chez les animaux, d'entrer en communication avec l'air, ce réservoir immense de leur alimentation; les feuilles et les parties vertes rempliraient le rôle des poumons, les spongioles mettraient encore la plante en rapport avec cet

air dont le besoin est incessant pour elles, mais cela à la manière des branchies. L'action dissolvante qu'exercent les acides extrêmement étendus sur les spongioles et sur les branchies rappelle cette analogie, prouvée par M. Payen, entre les jeunes tissus des végétaux et les tissus des animaux, et vient ajouter une preuve nouvelle à cette remarquable découverte.

Nous avons vu précédemment que si ce prétendu sommeil déterminé par les narcotiques sur les plantes n'est pas réel, il n'en est pas moins vrai que plusieurs substances, telles que les huiles volatiles, l'alcool et les éthers, les alcalis végétaux, strychnine, brucine, morphine, vératrine, etc., qui, administrés aux animaux supérieurs, agissent spécifiquement sur le système nerveux, ont aussi une action considérable sur les plantes. Faut-il conclure de ces faits qu'il existe chez les plantes un véritable élément nerveux ? Cette supposition me paraîtrait très-aventureuse; il me semble plus raisonnable d'admettre que chez les plantes, comme chez les animaux supérieurs, c'est d'abord le liquide nourricier (sang, cambium), qui est modifié dans ses propriétés par la présence de la substance toxique. Chez les plantes, il faut une dose plus élevée du poison, parce que cette action n'a pas de retentissement; mais, chez les animaux supérieurs, le sang modifié agit sur le système nerveux, le stupéfie, et peut ainsi suspendre l'exercice des fonctions auxquelles il préside, et dont l'activité continuelle est indispensable au maintien de la vie.

Si certaines substances à des doses infiniment faibles, telles que les essences, les sels mercuriels, peuvent faire périr les plantes et les poissons, cela tient à une circonstance particulière. Ces substances sont immédiatement en contact avec des organes dont l'exercice permanent est indispensable, les branchies et les spongioles; elles affectent ces organes, interrompent leurs fonctions, et la mort de l'individu en est la conséquence forcée. L'expérience nous a dé-

montré la réalité de cette explication ; car, lorsqu'il s'est agi des alcalis végétaux et des essences, nous n'avons retrouvé aucune trace de poison dans les parties non submergées des tiges.

Si nous cherchons à remonter à la cause de l'action des substances toxiques, alors sur ce terrain nous rencontrerons de grandes difficultés. Faut-il admettre avec M. Liebig (*Introduction à l'étude de la chimie organique*, 186) que plusieurs substances exercent une action nuisible sur l'économie animale, parce qu'elles ont la faculté d'entrer en combinaison avec l'albumine? M. Liebig cite pour exemple les sels mercuriels et l'acide arsénieux. Les expériences que j'ai rapportées, et qui établissent qu'un milligramme d'iodure de mercure, rendu soluble par l'iodure de potassium, peut empoisonner un nombre considérable de poissons, est trop en contradiction avec cette manière de voir pour qu'on puisse l'admettre.

Si on veut chercher des explications à l'action vraiment merveilleuse de certains poisons, ne pourrait-on pas dire que plusieurs d'entre eux agissent à la manière des corps odorants, qu'introduits dans le torrent de la circulation, ils éprouvent une décomposition continuelle, et que de même que les substances odorantes ne manifestent d'action que lorsqu'elles se brûlent ou se décomposent, de même les substances vénéneuses ne manifestent leur action que lorsqu'elles sont altérées dans l'économie?

Ne pourrait-on pas croire encore que, pour certains poissons, l'action toxique, d'abord bornée à un petit nombre de cellules ou de globules, s'étend de proche en proche, et se propage jusqu'à un organe dont les fonctions régulières sont indispensables au maintien de la vie?

Le résumé des recherches que je viens d'exposer contribuera, j'espère, à propager cette grande vérité, placée par M. Dutrochet à la tête d'un des ouvrages les plus remarquables de notre époque, et que je vais

citer en terminant. « Il n'existe point deux physiologies, l'une animale et l'autre végétale, entre lesquelles il soit possible d'établir une ligne de démarcation. La science de la vie est *une*, et l'on ne peut que perdre de précieux secours en isolant les unes des autres les diverses parties qui la composent; car c'est par le rapprochement des faits que la science devient féconde. »

DE L'INFLUENCE DU SOL

SUR L'ACTION

DES POISONS SUR LES PLANTES,

**Mémoire lu à l'Académie des sciences,
le 20 avril 1846.**

Il est une foule de questions importantes relatives à l'absorption des substances solubles par les racines des plantes, qui n'ont point encore été convenablement éclairées par l'expérience. Voici celle dont je vais essayer aujourd'hui de trouver la solution :

Les substances solubles dans l'eau agissent-elles également sur les plantes, lorsque leurs racines plongent librement dans les solutions, ou lorsque ces plantes vivent dans du sable, dans de la mauvaise ou dans de la bonne terre ?

Parmi les substances que j'ai choisies, la plupart n'éprouvent aucune décomposition de la part des matières qui entrent dans la composition de la terre.

J'ai placé des branches de menthe aquatique de poids égaux, et pourvues de nombreuses racines adventives, 1° dans un flacon plein d'eau distillée, 2° dans du sable humide, 3° dans de mauvaise terre, 4° dans un mélange à parties égales de terreau et de bonne terre de jardin.

J'ai choisi cette plante parce qu'elle vit très-bien dans l'eau comme dans la bonne terre, et, avant de commencer, j'ai attendu quelques jours; toutes mes menthes étaient alors dans un bon état.

Les expériences ont été commencées le 6 juillet 1844, à midi.

Carbonate d'ammoniaque. — J'ai préparé une dissolution contenant un centième de carbonate d'ammoniaque; avec cette dissolution j'ai 1° remplacé l'eau distillée dans laquelle une menthe était plongée; 2° j'ai épuisé, par une lixiviation ménagée, à l'aide de cette même dissolution, le sable dans lequel vivait également un pied de menthe; 3° j'ai fait de même pour la mauvaise terre, et 4° pour le mélange de terreau et de terre de jardin. A mesure de l'absorption et de l'évaporation, j'ai ajouté de nouvelle dissolution de carbonate d'ammoniaque au même titre.

La menthe qui vivait dans la solution de carbonate d'ammoniaque était très-souffrante le 8 juillet; celles qui étaient dans le sable ou dans la terre imprégnés d'une solution du même sel également concentrée, étaient en très-bon état.

Le 10, la plante plongée dans le carbonate d'ammoniaque est morte, les autres ne sont point encore affectées.

Le 12, la menthe qui croît dans le sable a plusieurs de ses feuilles altérées; celles qui vivent dans la terre ne paraissent point affectées.

Le 14, la menthe qui vit dans le sable est morte; celle qui est dans la mauvaise terre commence à souffrir; elle résiste jusqu'au 20. A cette époque, la menthe qui croît dans la bonne terre est encore pleine de vie, mais le 25 elle commence à souffrir; elle résiste jusqu'à la fin du mois.

Nitrate de potasse. —Les expériences ont été instituées comme pour le carbonate d'ammoniaque.

La menthe qui était placée dans la solution aqueuse de nitrate de potasse commença à souffrir après quarante-huit heures, après trois jours elle était morte; celle qui croissait dans le sable résista pendant dix jours, dans la mauvaise terre dix-sept jours, et dans la bonne terre vingt-huit jours.

Chlorhydrate d'ammoniaque. — Les expériences sur le chlorhydrate d'ammoniaque ont été conduites comme celles avec le carbonate de la même base.

Le menthe qui vivait dans la solution à un centième de chlorhydrate d'ammoniaque était visiblement affectée après vingt-quatre heures, après trois jours elle était morte; celle qui était dans le sable commença à souffrir après trois jours, le cinquième elle était morte; celle qui croissait dans la mauvaise terre était affectée après quatre jours, elle était morte le septième. Dans la bonne terre elle commença à souffrir dès cette époque, mais elle résista encore, quoique languissante, jusqu'au quatorzième jour.

Dans toutes ces expériences le chlorhydrate d'ammoniaque s'est montré sensiblement plus nuisible aux plantes que le carbonate de la même base.

Chlorhydrate de morphine. — Mes expériences sur l'action des sels à base d'alcalis végétaux établissent que ces composés agissent comme poison pour les plantes qu'on plonge dans leur dissolution étendue. Si j'avais opéré sur des plantes croissant librement dans la terre ou dans le sable, ces effets m'auraient échappé, comme on pourra le voir dans les expériences suivantes.

Je plongeai dans une dissolution à un centième de chlorhydrate de morphine un pied de menthe aquatique muni de nombreuses racines adventives et qui depuis plus de quinze jours végétait très-bien dans l'eau. J'agissais comparativement avec la même dissolution sur des menthes aquatiques croissant dans du sable, dans de la mauvaise et dans de la bonne terre. Trois jours après l'immersion, la menthe dont les racines plongeaient librement dans la solution de morphine me parut fort souffrante; deux jours après l'observation de ce premier effet, la menthe était morte; tandis que celles qui croissaient dans de la bonne ou dans de la mauvaise terre, et même dans le sable, étaient encore bien vigoureuses, quoique arrosées chaque jour

avec cette même solution à un centième de chlorhydrate de morphine. Après ce temps, en lessivant ce sable ou ces terres, il me fut facile d'en retirer le sel morphique en grande partie, je n'en pus séparer aucune trace des menthes qui avaient continué à bien végéter.

Aucunes expériences ne m'ont plus nettement démontré la différence d'action de produits divers sur les plantes lorsqu'on fait plonger les racines dans ces dissolutions, ou lorsque simplement on arrose les plantes croissant dans la terre avec ces mêmes dissolutions.

Essence de citron. — Les expériences ont été instituées comme pour le carbonate d'ammoniaque ; mais l'essence de citron ne pouvant fournir une dissolution à un centième, je me suis contenté d'employer de l'eau saturée avec cette essence.

La menthe qui était plongée dans cette dissolution était évidemment souffrante après vingt-quatre heures, elle était morte au bout de trois jours.

Dans le sable l'action fut presque aussi énergique; aussi la menthe qui croissait dans ce milieu avait sa tige penchée vingt-quatre heures après avoir été arrosée avec de l'eau saturée d'essence de citron, après trois jours elle était très-souffrante, après six jours elle était morte.

Dans la mauvaise terre l'action fut peu différente ; après trente-six heures, la tige était penchée, après cinq jours, la plante était fort souffrante, elle était morte après neuf jours.

La menthe qui croissait dans la bonne terre résista davantage, elle ne souffrait nullement après vingt-quatre heures, les feuilles inférieures périrent et se détachèrent après sept jours, après dix-neuf jours elle était très-souffrante, elle résista ainsi jusqu'au vingt-deuxième jour.

J'ai fait des expériences analogues avec les essences de menthe, de térébenthine et d'anis, et les résultats ont été semblables.

Pour donner à ces faits toute leur valeur, je dois dire que lorsque j'exécutais ces expériences, je conservais des pieds de menthe dans de l'eau distillée, dans du sable et dans de la terre, arrosées également : avec de l'eau distillée, toutes résistèrent parfaitement bien ; celle qui était dans de la bonne terre était beaucoup plus vigoureuse. La menthe aquatique vit bien dans l'eau, mais elle prospère infiniment mieux dans de bonne terre convenablement arrosée.

Les expériences que je viens de rapporter sont décisives ; mais je crois encore utile de relater ici les premières que j'ai faites dans cette direction et qui ont trait à des sensitives. D'une part je plaçai des branches de sensitives, pourvues de nombreuses racines adventives, dans des dissolutions aqueuses à un demi-centième de sels de strychnine, de quinine et de morphine. Toutes ces sensitives dépérirent peu à peu ; dans l'espace de trois à dix jours, elles étaient mortes. D'autre part j'arrosai des sensitives croissant dans de bons terrains, avec des dissolutions également à un demi-centième de sels de ces mêmes alcalis ; toutes se portèrent aussi bien que lorsqu'elles étaient arrosées avec de l'eau pure. Je doublai la dose des alcalis végétaux dans les dissolutions ; l'expérience fut continuée pendant quinze jours et les plantes de sensitive ne souffrirent nullement. La proportion des sels actifs fut même quadruplée, et l'innocuité resta la même. On m'objectera sans doute que les sels solubles d'alcalis végétaux ont pu être décomposés par le terreau : cet effet a pu partiellement s'exercer, mais il n'a pas été général, car j'ai pu extraire du terreau une partie de ces alcalis à l'état salin. Ainsi à un deux-centième les dissolutions d'alcalis végétaux empoisonnent les sensitives lorsque leurs racines plongent dans ces liquides ; au contraire une dissolution contenant une dose quadruple des mêmes substances n'exerce aucune action nuisible lorsqu'elle n'intervient que par l'intermédiaire d'un bon terreau.

Les expériences précédentes sont assez concordantes pour qu'on puisse immédiatement en déduire une conclusion; mais avant de le faire, je crois utile d'en rapporter d'analogues, que j'ai exécutées sur des plantes usuelles, blé, maïs, haricots. Dans cette dernière série, j'opérais uniquement dans de l'eau tenant en dissolution diverses substances et dans de bonne terre de jardin arrosée avec les mêmes dissolutions.

Carbonate d'ammoniaque. — Des pieds égaux et bien développés de maïs, de haricots, de blé de mars furent placés comparativement dans une solution à un centième de carbonate d'ammoniaque et dans de bonne terre arrosée avec cette même solution. Dans cette dernière condition, ces végétaux accomplirent toutes les phases de leur végétation, seulement après un mois d'expérience, on arrosa alternativement avec de l'eau pure et avec la solution. Le maïs et les haricots plongés dans la solution étaient morts après trois jours. Le blé résista huit jours.

Bicarbonate de soude. — L'expérience fut instituée comme avec le carbonate d'ammoniaque. Dans la dissolution aqueuse à un centième de bicarbonate de soude, le maïs souffrait après trois jours, le cinquième jour il était mort. Le blé ne commença à souffrir que le huitième jour, il résista jusqu'au quinzième; le haricot perdit ses feuilles le dixième jour, mais il ne succomba que le vingtième.

Dans de la bonne terre arrosée avec cette même solution à un centième de bicarbonate de soude pendant un mois, le blé, le maïs et les haricots accomplirent toutes les phases de leur végétation.

Chlorhydrate d'ammoniaque. — L'expérience fut encore instituée comme pour le carbonate d'ammoniaque. Il en sera de même pour toutes les autres substances dont il nous reste à parler.

Dans la solution à un centième de chlorhydrate d'ammoniaque, le maïs se flétrit après six jours, le haricot résista dix jours. Le blé végète pendant plus

d'un mois avec force en donnant de nouveaux jets; mais il finit par périr avant d'avoir accompli toutes les phases de sa végétation.

Dans la bonne terre arrosée pendant un mois avec du chlorhydrate d'ammoniaque puis avec de l'eau pure, le blé accomplit toutes les phases de sa végétation, le haricot succomba après quinze jours, le maïs était fort souffrant et n'aurait pas tardé à périr; on remplaça alors la solution d'hydrochlorate d'ammoniaque par de l'eau, et il se développa très-bien.

Chlorure de sodium. — Dans la solution contenant un centième de chlorure de sodium, le maïs commença à souffrir le cinquième jour, le sixième il était complétement flétri. Les feuilles du haricot commencèrent à tomber le quatrième jour, mais il résista dix jours. Le blé ne paraissait pas souffrant après quinze jours, il résista plus d'un mois.

Le haricot, le maïs et le blé qui croissaient dans de la bonne terre et qui furent arrosés avec une solution à un centième de chlorure de sodium pendant un mois, accomplirent toutes les phases de leur végétation.

Nitrate d'ammoniaque. — Dans la solution contenant un centième de nitrate d'ammoniaque, le maïs était encore vivant le sixième jour, mais le huitième, toutes ses feuilles étaient flétries; celles du haricot commencèrent à tomber à cette époque, mais il résista encore quelques jours. Le blé était en bon état après quinze jours, mais à la fin du mois il était mort.

Les haricots, le blé et le maïs qui croissaient dans la bonne terre furent arrosés impunément pendant un mois avec la solution à un centième de nitrate d'ammoniaque.

Nitrate de potasse. — Dans la solution contenant un centième de nitrate de potasse, le maïs commença à languir après huit jours, le dixième jour il était mort; les feuilles de haricot commencèrent à tomber le quatrième jour, mais il résista quinze jours. Le

blé était encore en bon état après ce même temps, il résista plus d'un mois.

Ces mêmes plantes croissant dans de la bonne terre, arrosées pendant un mois avec une dissolution à un centième de nitrate de potasse, accomplirent toutes les phases de leur végétation.

Sulfate ferreux. — Dans la solution à un centième de sulfate ferreux, le haricot et le maïs étaient morts le troisième jour; ils avaient une couleur noirâtre. Le blé commença à souffrir dès cette époque, mais il résista huit jours.

Ces mêmes végétaux croissant dans de la bonne terre, arrosés pendant un mois avec cette solution à un centième de sulfate ferreux, accomplirent toutes les phases de leur végétation.

Il importe d'ajouter que des pieds de blé, de maïs, de haricots, conservés isolément dans de l'eau pure, y résistèrent bien pendant un mois, ils y fournirent de nombreuses racines.

La conclusion qui ressort nettement de toutes les expériences que j'ai relatées est celle-ci :

« La nature du sol a une influence considérable sur l'action des substances toxiques et autres sur les plantes, et la résistance à l'action délétère est d'autant plus grande que la terre est de meilleure qualité. » Des végétaux qui accomplissent toutes les phases de leur végétation lorsque, croissant dans de la bonne terre, ils sont arrosés avec une dissolution saline ou autre, non décomposée par la terre, périssent souvent après quelques jours quand leurs racines plongent librement dans cette dissolution. De toutes les plantes sur lesquelles j'ai fait des expériences, le froment est celui qui a résisté le plus longtemps à l'action des substances nuisibles.

La bonne terre, non-seulement fournit aux plantes des matériaux utiles, mais elle s'oppose encore à l'absorption des principes nuisibles ; c'est à sa porosité qu'il me semble que doit être rapportée cette importante faculté.

EXPÉRIENCES

SUR LE DÉVELOPPEMENT DES PLANTES

DONT LES RACINES PLONGENT DANS L'EAU,

SUIVIES DE CONSIDÉRATIONS SUR L'INFLUENCE DES TERRAINS SUBMERGÉS SUR LA VÉGÉTATION.

Dans mon Mémoire sur la théorie des boutures, dans celui sur l'action des poisons et substances diverses sur les racines des plantes, j'ai fréquemment expérimenté sur des végétaux dont les tiges, plongées dans l'eau, non-seulement fournissaient de nombreuses racines adventives, mais pouvaient, lorsqu'on renouvelait convenablement l'eau, y vivre des mois, y augmenter de poids, et accomplir toutes les phases de leur végétation. J'ai pensé qu'en opérant sur ces plantes, dont le développement dans ces conditions spéciales m'était connu, je pourrais, partant de la graine, arriver à la plante parfaite, en appréciant rigoureusement le rôle des divers agents, soit fixes, soit gazeux, qui concourent à former les éléments organiques dont un végétal se compose. Si, en opérant de la sorte, je n'ai pas atteint le but que je me proposais, je suis cependant arrivé à un résultat qui, à cause de ses conséquences pratiques, n'est pas dénué d'intérêt.

J'ai choisi d'abord le *polygonum orientale*, parce que l'expérience m'avait montré que ses branches végétaient très-bien dans l'eau, qu'il s'y développait de nombreuses racines adventives, et que le nouveau végétal pouvait fournir, en restant dans les mêmes conditions, des graines fertiles. J'ai détermi-

13.

né, en suivant l'exemple que nous a donné M. Boussingault dans ses recherches sur la végétation, la composition des graines et des plantes développées par les méthodes ordinaires de l'analyse organique. Voici les résultats auxquels je suis arrivé.

Analyse de la graine de *polygonum orientale* desséchée dans le vide :

Carbone........	0,4751
Hydrogène....	0,0573
Azote..........	0,0613
Oxygène......	0,3678
Cendres........	0,0385

J'ai pris un gramme de ces graines, je les ai fait germer dans de la flanelle toujours humectée ; quand les racines ont été bien développées, chacune des graines a été plongée dans un petit flacon rempli d'eau distillée. Les feuilles et les jeunes tiges étaient convenablement soutenues par des bouchons forés. L'eau était renouvelée deux fois chaque semaine. Malgré les soins les plus assidus, cette plante, qui s'élève en peu de temps à une hauteur considérable, resta dans tous mes flacons à un état de rabougrissement vraiment extraordinaire. C'est à peine si la plante qui avait vécu dans l'eau s'élevait à trois centimètres, pendant que celle qui croissait dans la bonne terre avait la hauteur de plus d'un mètre. Ces végétaux en miniature ne purent, en aucune manière, accomplir toutes les phases de leur végétation. Dès qu'ils commencèrent à dépérir, j'arrêtai l'opération. j'en rassemblai avec soin toutes les parties, et je les desséchai.

Pendant soixante-un jours de végétation, mon gramme de graines ne me donna que 1 gramme 285 de récolte sèche. Le gain avait, pour ainsi dire, été compensé par la perte. Toutes les parties desséchées, racines, feuilles et tiges, furent réunies, puis pulvé-

risées pour être analysées. Voici les résultats auxquels je suis arrivé.

Carbone.	0,446
Hydrogène	0,056
Azote.	0,059
Oxygène	0,311
Cendres	0,028

Il y a eu augmentation manifeste dans la quantité d'oxygène, diminution dans celle des cendres. Les autres éléments sont restés à peu près au même point.

On pourrait penser que ce défaut si remarquable de développement du *polygonum orientale* tient à l'absence d'aliments solides convenables.

Tout en restant dans les mêmes conditions d'immersion des racines dans l'eau, j'ai cherché à me rapprocher, sous ce point de vue, de l'état normal, en fournissant à la jeune plante les principes solubles que le meilleur terrain peut lui céder. Je n'ai rien eu de mieux à faire pour cela que de répéter les expériences que M. Th. de Saussure a consignées, ces dernières années, dans la *Bibliothèque britannique*.

M. de Saussure a fait végéter des plantes de fève, de renouée persicaire, dans de l'eau contenant en dissolution une petite quantité d'humus à l'aide du carbonate de potasse : non-seulement, dit-il, les plantes se sont maintenues en bon état, mais encore elles ont pris de l'accroissement. La dissolution colorée qu'elles ont absorbée a été assimilée, car la plante n'a pas pris de coloration particulière.

Comme M. de Saussure, j'ai obtenu une dissolution d'humus, en faisant bouillir du terreau de Meudon avec la moitié de son poids de bicarbonate de potasse et quarante fois son poids d'eau, et filtrant. Cette dissolution, étendue de dix fois son poids d'eau, est encore brune, elle ne peut être employée pour ces expériences à cet état de concentration, car elle em-

poisonne les plantes ; il faut l'étendre encore de quarante fois son poids d'eau ; alors elle n'a plus d'influence nuisible, mais elle ne sert pas plus aux végétaux que de l'eau pure. En effet, 1 gramme de graines de *polygonum orientale* germées ne fournirent encore, après soixante jours de végétation, que 1 gramme 23 de récolte desséchée. Plusieurs plantes résistèrent moins longtemps que dans l'eau pure.

J'ai varié ces expériences de bien des manières, en cherchant à donner aux *polygonum* des dissolutions assez étendues pour ne pas leur nuire, des aliments qui pourraient leur convenir et que contiennent les eaux fertilisantes, sels calcaires, sels magnésiens, bicarbonate de potasse, d'ammoniaque, phosphates divers, silicate de potasse; je suis toujours arrivé au même résultat. Ces plantes y prospèrent moins bien que dans l'eau pure. Et lorsqu'une graine germée plonge par les racines dans ces dissolutions, la plante reste toujours, comme dans l'eau pure, dans un état de rabougrissement extraordinaire ; elle n'y accomplit jamais toutes les phases de sa végétation.

Les faits contenus dans cette note sont destinés, si je ne m'abuse, à éclairer l'histoire encore si obscure des fonctions des racines. La plus évidente de toutes est sans contredit l'absorption d'eau provenant de la terre humide qui sert à former l'élément essentiel de la sève ascendante ; mais je crois qu'on se tromperait fort si on avançait que les racines sont uniquement destinées à absorber dans le sol l'eau plus ou moins chargée de sels ou de substances organiques, pour les transmettre au végétal ; elles ont encore d'autres fonctions, sur la nature desquelles l'expérience ne nous a pas encore suffisamment éclairés, mais qui paraissent avoir une grande importance pour l'économie végétale. Ces fonctions semblent être ou anéanties ou fortement entravées par l'immersion des racines dans l'eau. En

effet, nous avons vu dans ce que j'ai précédemment rapporté, que les dissolutions les mieux appropriées à l'assimilation des végétaux n'avaient aucune influence utile lorsque les racines plongeaient librement dans ces dissolutions. Comme les feuilles, les spongioles doivent avoir des rapports importants avec l'atmosphère. Cette action réductrice qu'on croyait bornée aux parties vertes exposées à la lumière, s'exerce aussi et hors de l'influence de cet agent vivificateur par l'intermédiaire des spongioles. L'azote, dont il est encore difficile aujourd'hui de comprendre l'assimilation, me paraît entrer dans le tourbillon de la vie organique par l'intermédiaire des spongioles des plantes.

J'ai montré dans un travail précédent que les spongioles présentaient les ressemblances organiques et fonctionnelles les plus remarquables avec les branchies; mais c'est moins aux branchies des poissons qu'elles ressemblent, qu'à celles des animaux qui, pourvus de cet organe respiratoire, vivent dans la terre humide. Les spongioles me paraissent se rapprocher beaucoup des branchies du cabre de terre, qui ont besoin, pour fonctionner utilement, d'une terre humide. Vient-on à plonger dans l'eau cet animal, il y périt asphyxié, comme les animaux pulmonés. La plante ne périt pas immédiatement, mais elle languit, et quand elle provient d'une graine qui n'a point végété dans la terre, ses feuilles ne peuvent emprunter à l'air qu'une proportion de matériaux fixes, qui est à peine compensée par les pertes.

Je vais rechercher dans les faits pratiques de l'agriculture des preuves à l'appui de cette proposition fondamentale, que l'intervention convenable de l'air autour des racines enfoncées dans une terre humide est indispensable aux plantes, qui doivent fournir des produits azotés abondants.

Commençons par réunir les preuves qui se dé-

duisent de l'observation de l'influence des terrains submergés sur la végétation.

Quand l'eau séjourne habituellement dans un pré pendant l'époque de la végétation, on remarque toujours que le produit décroît avec rapidité.

La submersion continue-t-elle pendant plusieurs saisons, les graminées et les légumineuses sont remplacées d'abord par les renonculacées, puis apparaissent les cypéracées et, en dernier lieu, les équisétacées. Le pré a perdu toute sa valeur, on ne peut la lui rendre qu'en l'assainissant par des travaux d'art.

J'observe en ce moment deux pièces de seigle qui ont été semées le même jour dans des terrains d'égale valeur et semblablement amendés; l'un a été submergé pendant plus de six semaines, et l'autre a été exempt d'eau en excès. Le seigle de la pièce submergée est jaune et dans un état de dépérissement remarquable. L'autre est vert, beaucoup plus développé et vigoureux.

Une vigne était traversée par un ruisseau; dans une moitié les fosses restaient une partie de l'année pleines d'eau; dans l'autre partie la terre n'était jamais submergée, et la récolte aussi y était cinq fois au moins plus considérable que dans l'autre moitié. On pratiqua un fossé profond qui assainit la moitié submergée, et la récolte devint égale dans les deux parties.

M. Chevandier a montré, dans ses recherches sur les forêts, que la production des bois était beaucoup moins considérable dans les parties continuellement submergées. Ce qui est vrai pour les prés l'est pour les champs, l'est pour la vigne, l'est pour les bois; si dans les faits pratiques les effets sont moins apparents que dans les expériences que j'ai rapportées, cela tient à deux causes : la première, c'est qu'en opérant dans l'eau le mal est encore plus grand que dans la terre submergée; la seconde, c'est qu'il est des plantes qui peuvent croître et se développer dans les terrains

submergés, et que ce n'était point sur elles que portaient mes observations.

Si nous recherchons maintenant un autre ordre de preuves dans les pratiques de l'agriculture qui établissent l'utilité de l'intervention de l'air autour des racines des plantes, le premier soin du cultivateur n'est-il pas de rendre le sol perméable à l'air? L'opération principale qui conduit à ce but, le labourage, est tellement importante qu'on donne le nom de laboureur à l'homme qui s'occupe incessamment des travaux des champs.

Parmi les soins continuels que la vigne réclame, l'expérience et la tradition ont montré au vigneron l'utilité de ces façons d'été qui ont pour but de rendre plus facile l'accès de l'air autour des racines humides, à l'époque de l'année où le cep a besoin de beaucoup de matière première pour former ces riches grappes abondantes, qui se développent avec une admirable rapidité.

C'est l'air qui, continuellement absorbé et organisé par les spongioles, fournit aux plantes, avec l'eau, l'acide carbonique avec cet azote si indispensable à la formation de ces produits azotés que l'homme recherche dans les plantes qu'il cultive pour lui ou pour les animaux qui lui sont soumis.

La conclusion pratique qui ressort de mes expériences et des faits que j'ai réunis est celle-ci:

Si l'eau fournie par des irrigations convenablement ménagées pour maintenir autour des racines des plantes une humidité moyenne est la cause principale du développement de la végétation la plus riche, quand elle est prodiguée au point de baigner pendant longtemps les racines des plantes, elle est presque aussi funeste pour *certains végétaux* que la sécheresse la plus absolue. Cet effet paraît déterminé parce que l'eau s'oppose à l'intervention utile de l'air autour des racines humides des plantes, ce qui est la condition essentielle de leur prompt développement.

Une des propriétés les moins contestables des engrais et des amendements, c'est de donner à la terre de la légèreté, de la porosité, et de permettre un accès plus facile à l'air autour des plantes que nous cultivons pour nos besoins.

DE L'INFLUENCE
DES SELS AMMONIACAUX ET AUTRES
SUR LE DÉVELOPPEMENT
DE QUELQUES PLANTES USUELLES.

Deuxième Mémoire.

Dans mon premier Mémoire sur l'action des sels ammoniacaux sur la végétation, présenté à l'Académie des sciences le 6 février 1843, j'ai prouvé que les dissolutions des sels ammoniacaux à la dilution d'un millième et même d'un quinze-centième, empoisonnaient les plantes dont les racines étaient plongées dans ces dissolutions. J'ai dit, en terminant ce Mémoire, que si les sels ammoniacaux étaient utiles à l'agriculture, il restait à déterminer les conditions de cette utilité. Je vais rapporter aujourd'hui les expériences que j'ai exécutées pour atteindre ce but, j'y joindrai les résultats d'expériences comparatives faites avec d'autres substances, dont il importait, je pense, de déterminer l'influence sur la végétation.

Les végétaux que j'ai choisis sont le maïs, le froment, l'orge et les haricots. Les graines de ces plantes avaient été plantées le même jour, elles s'étaient développées dans des caisses, contenant pour chacune un kilogramme d'un mélange d'une bonne terre et de terreau; elles furent exposées au midi et arrosées pendant un mois alternativement avec de l'eau pure et des dissolutions à $\frac{1}{100}$ des sels que je voulais essayer. On pourra être surpris de me voir employer des dissolutions si concentrées, quand j'ai établi que les sels ammoniacaux à la dilution d'un millième em-

poisonnaient les plantes ; mais j'ai montré aussi dans mon Mémoire présenté à l'Académie le 20 avril 1846, que les choses se passaient tout différemment lorsque les racines plongeaient dans l'eau ou lorsque les végétaux croissaient dans de bonne terre.

C'est sur le maïs que mes expériences me donnèrent des résultats plus nets. Je n'ai conservé qu'un seul épi à chaque pied et je les ai pesés après la récolte. Pour l'orge et le froment, mes essais ont été trop limités pour que je pense qu'il soit utile d'en rapporter les détails ; je dirai seulement que dans aucun cas je n'ai obtenu une récolte plus abondante de ces graines, en opérant avec les diverses substances dont je vais parler, que lorsque les arrosements étaient faits avec de l'eau pure. Cela tient-il à la nullité d'action de ces substances sur le développement de l'orge et du froment, ou bien les quantités n'ont-elles pas été assez bien réglées pour ne pas dépasser les limites des effets utiles ; c'est ce que je ne saurais dire aujourd'hui. Aussi, ce n'est qu'avec réserve que j'avance que les carbonates d'ammoniaque, le chlorhydrate, le nitrate de la même base, le chlorure de sodium, le bicarbonate de potasse, le nitrate de la même base et le sulfate de fer, n'exercent aucune influence utile sur la végétation du froment et de l'orge.

Carbonate d'ammoniaque. — Les maïs arrosés avec la dissolution du carbonate d'ammoniaque se développèrent d'abord moins activement que ceux arrosés avec de l'eau pure, mais cet effet ne fut que passager, et à la fin de la récolte il y eut un léger avantage du côté du carbonate d'ammoniaque. La moyenne de trois expériences me donna 97 gr. 78 pour le poids d'un fruit de maïs dépouillé de ses enveloppes et sec, arrosé avec le carbonate d'ammoniaque ; les grains étaient gros, bien développés. Le poids du fruit de maïs, arrosé avec l'eau, a été de 85 gr. 81 ; les grains étaient moins gros.

Le carbonate d'ammoniaque a encore conservé un

léger avantage sur l'eau pure pour les haricots. La récolte d'un pied de haricot arrosé avec la solution de carbonate d'ammoniaque a été de 28 gr. 31; celle d'un pied de haricot arrosé avec de l'eau pure a été de 26 gr. 41, et les haricots étaient beaucoup plus grêles.

Chlorhydrate d'ammoniaque. — Les maïs qui se développèrent dans la terre arrosée avec le chlorhydrate d'ammoniaque commencèrent d'abord par souffrir et à croître moins bien que ceux qui étaient arrosés avec de l'eau pure; mais en suspendant l'emploi de cette solution, ils reprirent toute leur vigueur, et, en définitive, il resta encore un léger avantage à la solution ammoniacale. Le poids d'un fruit de maïs sec et dégagé de ses enveloppes fut de 95 gr. 12, et on se rappelle que le poids du fruit du maïs arrosé avec de l'eau pure n'était que de 85 gr. 81.

Les haricots arrosés avec la solution de chlorhydrate d'ammoniaque périrent avant d'arriver en maturité.

Nitrate d'ammoniaque. — L'effet de la dissolution de nitrate d'ammoniaque fut à peu près le même, pour le maïs, que celui de la dissolution de chlorhydrate. Le fruit du maïs arrosé avec la solution de nitrate d'ammoniaque pesait 96 gr. 80. C'est encore un léger avantage sur l'eau pure, il fut plus sensible pour le pied de haricot. Le poids de la récolte fut de 30 gr. 32.

Chlorure de sodium. — L'influence ici fut décidément plus heureuse; le poids du fruit du maïs sec arrosé avec la dissolution de chlorure de sodium fut de 111 gr. 67.

Pour les haricots, des accidents qu'il est inutile de relater empêchèrent l'expérience d'être conduite à bonne fin.

Bicarbonate de potasse. — Je ne sais si le résultat que je vais enregistrer tient à un concours de circonstances que je n'ai pu apprécier, toujours est-il

que, contrairement à mon attente, le bicarbonate de potasse s'est montré défavorable au développement du fruit du maïs. Les plants arrosés avec cette dissolution de bicarbonate de potasse se développèrent d'abord très-bien, mais la récolte fut des plus mauvaises. Le fruit du maïs ne pesait que 21 gr. 12. Avec les haricots, les résultats furent également défavorables ; le pied fournit une récolte du poids de 48 gr. 25.

Nitrate de potasse. — L'influence du nitrate de potasse fut à peu près nulle pour le maïs. Le poids de l'épi sec et dégagé de ses enveloppes fut de 88 gr. 21, ce qui ne s'éloigne pas beaucoup du poids de 85 gr. 81, qui est celui de l'épi du maïs arrosé avec de l'eau pure. Les haricots arrosés avec la solution de nitrate de potasse ne donnèrent pas une meilleure récolte que celle que fournirent les pieds arrosés avec la solution de bicarbonate de potasse; elle fut de 4 gr. 70. Avec l'eau elle avait été de 26 gr. 41.

Sulfate de fer.—Les pieds de maïs arrosés avec la dissolution de sulfate de fer furent d'abord souffrants, ils finirent cependant par se développer avec assez de force ; mais, à ma grande surprise, tous les grains des épis avortèrent et la récolte fut nulle. Pour les haricots, elle fut de 23 gr. 41, c'est à peu près la même que pour le pied arrosé avec de l'eau pure.

Corollaires. — Je comprends qu'en fait d'applications agricoles il faut une grande réserve pour tirer des conclusions pratiques d'expériences semblables, exécutées en petit et qui n'ont point été suffisamment répétées, en faisant varier les circonstances principales ; cependant j'ai cru utile de publier les faits que j'ai observés, et quand les résultats que j'ai obtenus n'auraient d'effet que d'inspirer de la circonspection dans des essais que plusieurs personnes, guidées par des idées théoriques ingénieuses, se croiraient autorisées à entreprendre en grand, je crois que j'aurais été utile.

Acceptons un moment comme définitifs les résul-

tats divers que j'ai obtenus de l'influence des sels ammoniacaux et autres sur le développement de quelques plantes usuelles, et que j'ai rapportés dans cette note ou dans d'autres publications; voici les faits d'application auxquels on serait conduit :

1° Les sels ammoniacaux suivants, carbonate, nitrate d'ammoniaque, n'exercent aucune influence utile sur la récolte du froment, de l'orge, des pommes de terre, des choux; ils m'ont procuré une récolte plus abondante, mais dans des limites assez étroites, pour le maïs et pour les haricots. Les résultats obtenus seraient loin de faire espérer une compensation entre la valeur des sels ammoniacaux et la plus-value de ces récoltes; mais il se peut que dans d'autres circonstances on obtiendrait de meilleurs produits. Ainsi, d'après plusieurs expériences publiées soit par M. Schattenmann, soit par M. Kulmann, de Lille, que j'ai répétées et qui m'ont également réussi, les sels ammoniacaux répandus sur les prairies favoriseraient le développement des fourrages, comme le plâtre favorise le développement du trèfle. C'est là un résultat exceptionnel digne de l'attention des agriculteurs; mais, comme l'ont établi les calculs de M. Kulmann, il faudra encore se trouver dans des circonstances très-favorables pour que la plus-value des récoltes puisse égaler le prix de la main-d'œuvre et celui des sels ammoniacaux employés.

2° Dans aucun cas, pour le froment, pour l'orge, pour le maïs et pour les haricots, le bicarbonate de potasse, le nitrate de potasse et le sulfate ferreux ne m'ont donné un résultat utile.

3° Le chlorure de sodium a exercé une influence favorable sur la culture du maïs.

LES PLANTES

PLACÉES DANS UNE DISSOLUTION

CONTENANT PLUSIEURS SUBSTANCES ABSORBENT-ELLES PRÉFÉRABLEMENT CERTAINES SUBSTANCES A D'AUTRES? EXPÉRIENCES SUR CETTE QUESTION.

(*Suite à mes recherches sur les fonctions des racines.*)

Mémoire présenté à l'Académie des sciences le 7 juin 1846.

Th. de Saussure, qui a fait sur la végétation tant et de si belles expériences, a résolu par l'affirmative la question que je viens de poser ; mais les résultats qu'il a obtenus ne m'ont pas semblé assez dégagés de toutes chances d'erreur pour qu'il ne soit plus nécessaire de revenir sur ce sujet.

Voici comment les expériences de Th. de Saussure ont été instituées. « J'ai fait, dit-il, dissoudre dans « 793 centimètres cubes d'eau, deux ou trois sels « différents, pesant chacun 637 milligrammes. Je « suppose ces 637 milligrammes égaux à 100 par- « ties ; dans ces expériences j'ai analysé le résidu de « la dissolution lorsqu'elle a été réduite par la suc- « cion précisément à la moitié de son volume : la « quantité de sel contenue dans ce résidu, retran- « chée de celle que contenait le liquide avant l'intro- « duction des plantes, m'a indiqué la quantité de sels « qu'elles avaient absorbée. Un polygonum a absor- « bé 11,7 parties de sulfate de soude et 22 parties « de muriate de soude en suçant jusqu'à moitié une « dissolution qui contenait 100 p. ou 637 millig. de « chacun de ces sels. Le bidens a absorbé, dans une

« dissolution semblable, 7 p. de sulfate et 20 de mu-
« riate de soude.

« Dans une dissolution analogue, le polygonum a « absorbé 12 de sulfate de soude pour 17 de muriate « de potasse, et le bidens a absorbé 10 du premier « et 17 du second. Dans une dissolution d'acétate et « de muriate de potasse, le polygonum a pris 8 un « quart du premier et 33 du second, et le bidens 5 du « premier et 16 du second.

« Dans une dissolution de nitrate de chaux et de « muriate d'ammoniaque, le polygonum absorba 4 et « demi de nitrate de chaux et 16 et demi de chlorhy- « drate d'ammoniaque, le bidens 2 du premier et 15 « du second.

« Dans une dissolution d'acétate de chaux et de « sulfate de cuivre, le polygonum absorba 31 du pre- « mier et 34 du second, et le bidens 35 du premier « et 39 du second.

« Dans une dissolution de nitrate de chaux et de « sulfate de cuivre, le polygonum absorba 17 du « premier et 34 du second, et le bidens 9 du premier « et 36 du second.

« Dans une dissolution triple de sulfate de soude, « de muriate de soude, d'acétate de chaux, le poly- « gonum absorba 6 du premier sur 10 du second et « une quantité inappréciable du troisième, et le bi- « dens 13 du premier, 16 du second et une quantité « inappréciable du troisième.

« Dans une dissolution analogue de gomme et de « sucre, le polygonum absorba 26 de gomme et 34 de « sucre, et le bidens 21 de gomme et 46 de sucre. »

Avant de vérifier par de nouvelles expériences les résultats que je viens de faire connaître, je vais rappeler les conclusions principales des recherches de M. Th. de Saussure sur l'absorption des dissolutions par les racines des plantes.

« Les racines des plantes absorbent les sels et les

extraits, mais en moins grande raison que l'eau qui tient ces sels et ces extraits en dissolution.

« Un végétal n'absorbe pas en même proportion toutes les substances contenues à la fois dans une même dissolution ; il en fait des sécrétions particulières ; il absorbe, en général, en plus grande quantité les substances dont les solutions séparées sont le moins visqueuses. »

Je vais passer actuellement à l'exposition de mes expériences, et je discuterai, quand l'occasion se présentera, les résultats obtenus par Th. de Saussure.

J'ai fait dissoudre dans un litre d'eau distillée un gramme de chlorure de sodium et un gramme de sulfate de soude ; j'ai fait végéter dans cette dissolution un *polygonum orientale* pourvu de nombreuses racines adventives et très-vigoureux. La dissolution a été renouvelée à plusieurs reprises, enfin l'opération a été arrêtée quand il ne restait plus que 0,1 de liquide. La densité de ce résidu était de 1,0071, celle de la première liqueur était de 1,00127.

J'ai varié cette expérience de bien des manières et avec une foule de substances différentes ; j'ai analysé, à plusieurs reprises, la dissolution initiale et la dissolution résidu, et toujours les résultats ont été si parfaitement conformes avec ceux obtenus par Th. de Saussure, que je crois inutile d'en rapporter les détails, et que je regarde comme parfaitement démontré son premier principe en l'énonçant comme il suit :

Les racines des plantes qui *plongent dans une dissolution aqueuse de sels ou d'extraits* absorbent ces sels et ces extraits, mais en moins grande raison que l'eau qui tient ces sels et ces extraits en dissolution. Lorsque les plantes croissent dans la terre et qu'elles sont arrosées avec des dissolutions d'extraits ou de sels, les expériences sont alors compliquées de circonstances accessoires qui modifient beaucoup les résultats qu'on obtient.

J'ai répété les expériences de T. de Saussure avec

les mêmes dissolutions mixtes et les mêmes plantes qu'il a employées, en me plaçant dans des conditions aussi exactement semblables que possible, et les résultats que j'ai obtenus sont trop conformes aux siens pour qu'il soit utile d'en rapporter les détails.

Je vais cependant arriver à une conclusion tout opposée à celle qu'il a déduite de ses expériences, que cependant j'accepte pour exactes : il me reste à exposer les faits qui m'ont conduit à une opinion si différente de celle de cet habile observateur.

J'ai fait végéter dans de l'eau distillée une branche vigoureuse de *polygonum orientale*, pourvue de nombreuses racines adventives : j'ai renouvelé à plusieurs reprises l'eau distillée à mesure de l'absorption ; quand elle a été, en dernier lieu, réduite par la succion à 1/5, je l'ai analysée ; elle précipitait alors par l'oxalate d'ammoniaque et par le chlorure de barium.

J'ai répété cette expérience avec les deux plantes employées par Th. de Saussure, et j'ai obtenu les mêmes résultats.

Dans une dissolution d'eau distillée contenant, pour un litre, un gramme de sulfate de soude et un gramme de chlorure de sodium, j'ai fait végéter un *polygonum persicaria*, et, quand la moitié de la dissolution a été absorbée, j'ai examiné le résidu et j'y ai toujours retrouvé, par l'oxalate d'ammoniaque, des quantités notables d'un sel de chaux qui n'y existaient pas avant la succion et qui ont été fournies par le végétal.

Ainsi, voilà une cause capitale d'erreur qui a échappé à Th. de Saussure. Lorsqu'un végétal plonge dans une dissolution aqueuse, il n'y a pas une absorption pure et simple de la dissolution, mais il s'établit un double courant. De même que le sel de la dissolution passe dans la plante, de même les sels de la plante arrivent dans la dissolution. C'est le principe que M. Dutrochet a si bien développé dans ses beaux travaux sur l'endosmose. Il y a un courant fort et un courant faible, mais toujours un double courant et

non pas une absorption pure et simple. Qu'on ne pense pas que cette cause d'erreur soit insignifiante ; car c'est seulement sur (12 grains) 637 milligrammes diminués par le fait de la succion, que Th. de Saussure a agi ; et il ne s'est point préoccupé dans ses analyses, comme on peut le voir à la page 255 de ses recherches sur la végétation, de trouver les principes autres que ceux qu'il voulait doser ; il n'a pas, non plus, indiqué le poids des plantes qu'il employait ; circonstance qui prend beaucoup d'importance d'après ce que je viens de dire.

Revenons sur ces expériences qui paraissent le plus nettement établir qu'un végétal n'absorbe pas en même proportion toutes les substances contenues à la fois dans une même dissolution, et qu'il en fait, comme le dit Th. de Saussure, des sécrétions particulières.

Dans une dissolution de 793 grammes d'eau contenant 637 milligrammes d'acétate de chaux et la même quantité de chlorure de potassium, le rapport de l'absorption des deux sels fut, d'après Saussure, pour le polygonum de 8 1/4 de sel calcaire, et de 33 de chlorure de potassium, et pour le bidens de 5 d'acétate de chaux pour 16 de chlorure de potassium. Saussure est arrivé à ce résultat en divisant en deux parties le résidu de la succion et les précipitant, l'une par l'oxalate de potasse, et l'autre par le nitrate d'argent, et en regardant comme absorbé ce qui ne se trouvait plus dans le résidu. On comprend sans peine que si, comme dans mon expérience, la plante a fourni par exosmose à la dissolution un sel calcaire, et si elle n'a pas donné de chlorure, il doit en résulter nécessairement que les nombres obtenus sont aussi fautifs que les conclusions qu'on a pu en tirer. Il en est de même de l'expérience suivante, dans laquelle tout a été disposé comme précédemment et le même mode analytique a été suivi.

Si Th. de Saussure a trouvé que dans une dissolution contenant la même quantité des deux sels, le

polygonum avait absorbé 4 1/2 de nitrate de chaux et 16 1/2 de chlorhydrate d'ammoniaque, et le bidens 2 du premier sel et 15 du second, cela tient à ce que le végétal a fourni à la dissolution un sel calcaire et qu'il n'a pas ou peu donné de chlorure par exosmose.

Voici des expériences de Saussure qui paraissaient encore plus décisives : dans une dissolution contenant les mêmes quantités de sulfate de soude, de chlorure de sodium, d'acétate de chaux, le polygonum a absorbé six du premier sel, dix du second et une quantité inappréciable du troisième, et le bidens treize de sulfate de soude, seize de chlorure de sodium et une quantité inappréciable d'acétate de chaux. Cela revient à dire qu'il y a eu exosmose d'un sel de chaux équivalant à peu près à l'absorption, et que les plantes ont fourni à la dissolution plus de sulfate de soude que de chlorure de sodium.

Que fallait-il faire pour éviter ces erreurs? choisir des plantes qui ne céderaient plus à l'eau que des quantités inappréciables de sel, ou avoir égard aux produits excrétés. On pourrait penser qu'en employant des dissolutions salines plus concentrées, on rendrait les erreurs causées par les excrétions des plantes moins grandes; mais on sait bien que lorsque l'on plonge des végétaux dans les dissolutions salines un peu concentrées, ils y périssent bientôt. Le premier mode m'a donc paru préférable. Je me suis arrêté aux dilutions s'éloignant peu de celles employées par Th. de Saussure, et, pour rendre les résultats plus comparables, j'ai employé les mêmes substances; je n'ai pu choisir les mêmes végétaux, parce qu'ils ne remplissaient pas exactement la condition sur laquelle il me reste à insister.

Pour éloigner autant que possible les chances d'erreur causées par les excrétions des racines, j'ai pensé qu'on devait choisir des plantes qui, vivant un temps considérable dans l'eau, pourraient, par une très-longue végétation, être amenées à un tel point qu'elles

ne cèderaient plus aucun sel fixe à l'eau distillée et qui possèderaient cependant un pouvoir de succion prononcé. La menthe aquatique m'a paru, d'après de nombreux essais antérieurs, pouvoir remplir ces conditions beaucoup mieux que les *polygonum persicaria* et *bidens cannabina*, choisis par Th. de Saussure.

Voici donc comment mes expériences ont été instituées : des branches de menthe aquatique, pourvues de nombreuses racines adventives, qui vivaient dans l'eau pure depuis six mois, furent placées dans des flacons contenant de l'eau distillée, qui était renouvelée tous les cinq jours. Quand les réactifs ne m'indiquèrent dans cette eau aucun sel étranger, j'instituai avec ces plantes précisément les mêmes expériences que Th. de Saussure, pour me trouver dans les conditions à peu près semblables à celles où il a opéré. Pour rendre mes résultats comparables, je ramène mes expériences au même type de 100 parties.

Un plant vigoureux de menthe aquatique, pesant 15 gram. 27, préparé comme il a été dit ci-dessus, fut plongé dans une dissolution contenant pour eau distillée 1/2 litre, sulfate de soude sec et chlorure de sodium, de chaque un demi-gramme. Quand par par la succion le liquide a été réduit à moitié, il a été précipité par le nitrate de baryte, et la liqueur décantée a été précipitée par le nitrate d'argent. J'ai obtenu ainsi la quantité de sulfate et de chlorure existant dans le résidu, et j'en ai déduit celle qui a été absorbée, en représentant, comme Saussure, par 100 la quantité de chaque sel. J'ai obtenu 23,50 pour le sulfate de soude et 24,03 pour le chlorure dont la menthe s'est chargée en absorbant la moitié de la dissolution.

Une expérience semblable a été instituée avec 1/2 litre d'eau, 1/2 gramme de sulfate de soude sec, et 1/2 gramme de chlorure de potassium, le poids de la menthe étant de 11 gram. 25. Le résidu de la

succion a été analysé après l'absorption de la moitié du liquide par les mêmes moyens. L'absorption du sulfate a été de 22,41, et celle du chlorure de 25,38.

Les expériences avec les sels de chaux étaient plus décisives, j'ai apporté tous mes soins pour éviter toutes les causes d'erreur : un plant vigoureux de menthe sylvestre, du poids de 10,95, a été plongé dans la dissolution suivante : acétate de chaux, 1/2 gram.; chlorure de potassium, 1/2 gram.; eau, 1/2 litre. Le résidu de la succion a été partagé en deux parties, l'une a été précipitée par l'oxalate d'ammoniaque et l'autre par le nitrate d'argent; en défalquant les sels dans le résidu, j'ai obtenu les poids du sel de chaux et du chlorure de potassium, dont la menthe s'est chargée en absorbant la moitié de l'eau de la dissolution. Chaque demi-gramme étant représenté par 100 p., j'ai obtenu 21,29 pour le poids de l'acétate de chaux absorbé, et 19,9 pour le poids du chlorure.

Une expérience analogue, répétée avec 1/2 gramme de nitrate de chaux sec et 1/2 gramme de chlorhydrate d'ammoniaque, a donné 19,25 pour l'absorption de ce dernier sel, et 17,49 pour celle du premier ; la menthe pesait avant l'expérience 12 gram., 27.

La cinquième expérience, avec 1/2 gramme d'acétate de chaux et 1/2 gramme de sulfate de cuivre pour 1/2 litre d'eau, donna 26,10 pour l'absorption du dernier, et 21,53 pour l'absorption du premier; la menthe était du poids de 10 gram. 21.

L'expérience avec une dissolution de trois sels me donna des résultats tout différents de ceux obtenus par Th. de Saussure. 1/2 gram. de sulfate de soude, 1/2 gram. de chlorure de sodium, 1/2 gramme d'acétate de chaux furent dissous dans 1/2 litre d'eau; on y plongea une menthe du poids de 15 gram. 62. Le résidu de la succion a été divisé en deux parties; l'une a été précipitée par l'oxalate d'ammoniaque, l'autre par le nitrate de baryte; après la séparation

du sulfate de baryte, la liqueur décantée a été précipitée par le nitrate d'argent : l'absorption a été pour le sulfate de soude de 9,23 ; pour le chlorure de sodium, de 10,67 ; pour l'acétate de chaux, de 7,92.

J'ai répété la dernière expérience avec la dissolution de 0,50 de sucre et de 0,50 de gomme pour 500 d'eau. Mais quand la menthe avait absorbé la moitié de la dissolution, la liqueur avait une réaction acide, le sucre était en partie décomposé. L'expérience ne pouvait être décisive, pas plus que celle que Th. de Saussure a exécutée.

Les différences observées pour l'absorption des substances contenues dans une même dissolution sont trop faibles pour qu'on puisse admettre, avec M. Th. de Saussure, que les racines des plantes choisissent, pour ainsi dire, dans une dissolution certains sels de préférence à d'autres.

Les différences qu'on peut observer en analysant les *dissolutions résidus* dépendent exclusivement de ce que certains sels sont fixés dans la plante, ou parce qu'ils concourent au développement d'organes spéciaux, comme les phosphates à celui de la graine des graminées, ou parce qu'ils forment des combinaisons insolubles avec quelques principes de la plante, tandis que d'autres substances, qui ne sont soumises à aucune de ces deux conditions, sont excrétées directement par les racines. Ainsi il me semble que c'est l'inverse de ce qu'a conclu M. Th. de Saussure qui est exact. Les racines qui plongent dans l'eau absorbent indifféremment toutes les substances dissoutes dans ce liquide, mais les excrétions, au contraire, peuvent présenter de grandes différences.

Les expériences précédentes, instituées lorsque les racines des plantes plongent librement dans les dissolutions, ne peuvent laisser de doute sur la conclusion à en tirer ; mais doit-elle être la même lorsque les plantes croissent dans la terre ? c'est la question que je vais actuellement chercher à résoudre.

Mes expériences, consignées dans mon Mémoire sur l'influence du sol sur l'action des poisons sur les plantes, présenté à l'Académie des sciences le 20 avril 1846, fournissent une preuve bien claire que les choses se passent autrement dans la terre que dans l'eau. La terre, surtout celle qui est légère, agit à la manière des corps poreux. Ces corps poreux jouissent, comme on le sait, de la propriété de retenir, de fixer plusieurs substances solubles, en proportion plus grande que d'autres. Les expériences de M. Payen et de beaucoup d'autres expérimentateurs sur le noir animal ont mis ce principe hors de doute. On comprend facilement alors comment une plante, croissant dans une terre poreuse, arrosée avec une dissolution mixte, absorbe certains sels de préférence à d'autres. Ces différences ne se montrent que dans certaines limites et dans des circonstances données. Mes expériences sur ce sujet difficile ne sont point encore assez avancées pour que je les publie aujourd'hui, il me suffit d'en indiquer le résultat général. Si dans de bonne terre et dans de certaines conditions un végétal absorbe inégalement les sels ou les extraits contenus dans une dissolution qui sert à l'arroser, cela ne tient pas à ce que ce végétal absorbe par succion des substances dissoutes de préférence à d'autres également dissoutes ; mais cet effet dépend de l'inégale puissance avec laquelle certaines substances dissoutes sont fixées par la terre qui agit comme corps poreux.

Il me reste à formuler la conclusion qui ressort de mes expériences sur l'absorption des plantes qui plongent dans une dissolution mixte.

Conclusion.

Un végétal, qui plonge librement par ses racines dans une dissolution très-étendue de plusieurs sels sans action chimique sur ses tissus, absorbe en même

proportion toutes les substances contenues dans cette dissolution.

Si Th. de Saussure est arrivé à une conclusion différente, cela tient à ce que cet illustre observateur, n'agissant que sur quelques centigrammes de sels en dissolution, n'a pas tenu compte de l'excrétion qui s'effectue continuellement par les racines en même temps que l'absorption.

MÉMOIRE

SUR LES ENGRAIS.

L'art de produire de bons engrais en quantité suffisante, et celui de bien les utiliser, sont les questions qui dominent toutes celles qui se rattachent au progrès de l'agriculture : avec du travail, des engrais convenablement employés, des eaux fécondantes répandues avec mesure, on peut dire, sans exagération, que la fécondité de la terre est illimitée. Mais pour bien employer les engrais, pour apprécier rigoureusement toutes leurs qualités dans une foule de circonstances, il ne suffit pas d'une seule donnée, telle que celle de leur composition ; j'espère établir que c'est un problème qui renferme encore un grand nombre d'inconnues, sur lesquelles la routine a jeté çà et là quelque lumière, mais qui ne pourront être convenablement dégagées qu'avec du temps, des expériences et des observations bien faites.

Je vais exposer dans ce travail les expériences, les observations et les déductions sur lesquelles s'appuie la théorie des engrais. J'en ferai l'application, dans une note qui y fera suite, aux questions pratiques les plus importantes qui se rapportent à leur emploi.

L'idée qu'on se fait généralement des engrais me semble incomplète. On croit qu'ils fournissent aux plantes des extraits ou *produits organiques* tout préparés, qui représentent les aliments des animaux : nous verrons que cette comparaison ne repose sur aucune expérience exacte. Il faut cependant reconnaître qu'il y a quelque chose de vrai dans cette idée fondamentale d'après laquelle on considère les engrais

comme étant les aliments principaux des plantes : cette manière de voir est entachée d'une grande exagération, car c'est à l'air, c'est aux oxydes ou aux sels dont la terre se compose, que les végétaux empruntent une grande partie des matériaux qui les composent ; mais il est incontestable que les engrais cèdent aux végétaux utiles des principes qu'ils ne trouveraient pas en quantité suffisante dans les terrains ordinaires. Ainsi, pour prendre l'exemple le plus saillant, il est évident que les engrais, le plus souvent, fournissent aux céréales ces phosphates qui sont pour elles une véritable condition d'existence, et qui, pour l'ordinaire, ne se rencontrent dans nos terres arables qu'en proportions insuffisantes.

L'utilité de l'intervention des phosphates et des sels alcalins dans la culture des céréales est tellement claire, qu'on pourrait, à l'exemple de MM. Boussingault et Payen, dresser une table des équivalents des engrais en prenant la teneur de ces substances en phosphates et en sels alcalins, et qu'on ne s'éloignerait pas beaucoup des résultats qu'ils ont obtenus en déterminant la quantité d'azote. En effet, les engrais azotés les plus précieux, tels que le guano, la colombine, la poudrette, l'urine, le noir des raffineries, ne sont-ils pas en même temps les engrais les plus riches en phosphates et en sels alcalins ?

Il semblerait que la nature est avare de ces produits salins. Ils forment la charpente des animaux les plus élevés dans la série ; ils doivent se trouver dans leurs aliments ; mais en même temps les végétaux où se rencontrent ces phosphates ne pourraient en puiser dans la terre une quantité suffisante, si, à leur tour, on ne leur fournissait des débris d'animaux qui leur donnent ces phosphates continuellement en activité dans le tourbillon de la vie. Ainsi donc, les engrais sont utiles aux plantes en leur cédant les phosphates de chaux et de magnésie qui forment une partie indispensable dans leur constitution ; mais là ne se borne

pas leur rôle; les propriétés physiques, dont bientôt nous allons montrer les effets, ont une bien autre importance. Avant cela, terminons immédiatement ce que l'on peut dire de positif sur les engrais considérés comme aliments des plantes. Cherchons, par des expériences directes, si les engrais leur sont réellement utiles en leur fournissant des matériaux organiques propres à être assimilés. Nous ne pouvons rien faire de mieux, pour élucider cette question importante, que de reprendre et discuter les expériences consignées dans un des derniers Mémoires de M. Th. de Saussure (*Bibliothèque universelle*), en contradiction avec celles de M. Hartig.

M. de Saussure a fait végéter des plantes de fèves et de renouée persicaire dans de l'eau contenant en dissolution une petite quantité d'humus à l'aide du carbonate de potasse ; non-seulement les plantes se sont maintenues en bon état, mais encore elles ont pris de l'accroissement en poids, et la dissolution colorée qu'elles ont absorbée a été assimilée, car la plante n'a pas pris de coloration particulière.

J'ai répété les expériences de M. de Saussure sur des *polygonum orientale*, *mentha sylvestris*, *salix fissa*, pourvus de racines adventives ; comme lui, j'ai obtenu une dissolution d'humus, en faisant bouillir du terreau de Meudon avec la moitié de son poids de bicarbonate de potasse et quarante fois son poids d'eau, et filtrant.

Cette dissolution, étendue même de dix fois son poids d'eau, est très-brune, elle empoisonne les plantes délicates ; mais quand on l'étend de vingt-cinq à quarante fois son poids d'eau, suivant la force des plantes, et qu'on renouvelle l'eau absorbée par de l'eau pure, non-seulement elle n'est plus nuisible, mais les végétaux prospèrent bien.

Pour apprécier convenablement l'influence d'une pareille dissolution, j'ai opéré comparativement sur des plants aussi égaux que possible, 1° dans l'eau

de Seine; 2° dans la dissolution alcaline d'humus; 3° dans une dissolution aqueuse contenant autant de bicarbonate de potasse qu'il en existe dans la dissolution d'humus. Les flacons contenaient 200 grammes, et la partie absorbée était remplacée par de l'eau distillée.

Dissolution contenant pour 200 *grammes* 30 *centigrammes d'humate de potasse.*

	Poids du plant avant l'expérience. gr. c.	Poids du plant après 15 jours. gr. c.
Polygonum orientale,	3,7	5,21
Salix fissa,	4,2	4,95
Mentha aquatica,	2,8	4,25

Dissolution contenant pour 200 *grammes* 30 *centigrammes de bicarbonate de potasse.*

Polygonum orientale,	3,25	5,04
Salix fissa,	4, 3	4,92
Mentha aquatica,	3, 0	4,50

Plantes conservées dans l'eau de Seine.

Polygonum orientale,	3,80	5,54
Salix fissa,	4,50	4,97
Mentha aquatica,	2,70	4,30

Les nombres consignés dans ces tableaux montrent que les dissolutions d'humus ne sont pas plus efficaces pour favoriser le développement des plantes que la dissolution de bicarbonate de soude; ces deux dissolutions ne l'emportent pas sur l'eau pure.

N'oublions pas d'ajouter que si les dissolutions sont trop concentrées, elles empoisonnent les végétaux.

D'après les expériences consignées dans mes précédents travaux, d'après les faits que je viens de rapporter, il me semble donc qu'on peut admettre comme chose expérimentalement démontrée, que les

produits organiques n'interviennent que d'une façon très-équivoque dans l'accroissement des végétaux; ainsi les engrais fournissent principalement aux plantes utiles des oxydes ou des sels inorganiques. Mais là ne se borne pas leur rôle; ils remplissent des fonctions bien autrement importantes, sur lesquelles nous allons fixer l'attention des observateurs.

Si on laisse croître dans des dissolutions salines étendues, des végétaux appartenant à des familles très-différentes, toutes ces plantes absorbent indifféremment les sels en dissolution, comme le prouvent les expériences que j'ai rapportées précédemment. Si au contraire on analyse les cendres de plantes venues dans le même terrain de bonne qualité, on trouve alors des différences considérables; comment les plantes ont-elles pu choisir exclusivement les sels qui leur conviennent? pourquoi les choses se passent-elles autrement dans l'eau et dans un bon terrain? Les observations que j'ai consignées dans mon Mémoire sur l'influence du sol sur l'absorption des poisons et substances diverses par les racines des plantes, nous fournissent de précieux éléments pour résoudre cet important problème.

Toutes les expériences que j'ai consignées dans ce travail nous montrent les engrais azotés sous un de leurs points de vue les plus utiles. En effet, ces produits de la décomposition des matières organisées nous offrent presque toujours une grande porosité. Mélangés avec la terre, ils contribuent efficacement, par leur décomposition lente et continue, à entretenir dans nos terres arables cette précieuse porosité. Les corps poreux jouissent de la propriété de fixer, de retenir plusieurs substances solubles; les expériences de M. Payen sur le noir animal ont mis ce principe hors de doute. Ainsi on comprend sans peine comment certaines substances nuisibles pourront être retenues par un terrain poreux.

Nous pouvons très-bien concevoir aussi comment

des plantes de familles différentes, croissant dans un bon terrain, peuvent absorber des sels différents et choisir pour ainsi dire les sels et les oxydes qui leur conviennent ; en effet, les tissus et les corps poreux jouissent tous, comme les expériences de M. Dutrochet nous l'ont montré, d'un pouvoir endosmosique qui leur est propre, faible pour quelques-uns, très-énergique pour quelques autres.

Les solutions inorganiques ou organiques elles-mêmes ont toutes aussi un coefficient endosmosique spécifique.

Admettons maintenant que les produits en solution sont retenus ou fixés par la porosité d'un bon terrain, des racines de plantes différentes viennent s'entremêler dans ce terrain, leurs spongioles interviennent alors comme corps poreux, avec un coefficient différent pour chaque plante ; on comprend alors comment certaines substances sont plus particulièrement fixées et absorbées par les spongioles de certains végétaux, et comment d'autres sels ou oxydes sont fixés et absorbés par les spongioles d'autres plantes. On peut concevoir ainsi comment tous les végétaux qui croissent dans l'eau absorbent indifféremment tous les sels qui ne sont point sollicités par des forces antagonistes. On se rendra compte aussi de ce fait expérimental, que les cendres des arbres des forêts qui croissent dans une terre compacte non poreuse sont composées des mêmes éléments inorganiques en proportions presque toujours semblables, comme les analyses de M. Berthier nous l'ont montré, et comment les végétaux qui croissent dans une terre poreuse, abondamment pourvue d'engrais, fournissent des cendres différentes, suivant la nature de la plante examinée.

Ainsi voilà deux propriétés importantes des engrais, et qui dérivent de la porosité qu'ils communiquent aux terres arables : 1° les substances nuisibles restent fixées dans ces terrains et ne sont pas absor-

bées par les plantes ; 2° les spongioles des végétaux croissant dans une bonne terre bien fumée peuvent fixer et absorber les oxydes et les sels qui conviennent plus spécialement à chaque plante, et cela en vertu de propriétés physiques qui simulent un discernement véritable.

La porosité communiquée aux terres arables par les engrais leur donne encore des propriétés qui peuvent présenter un grand intérêt.

On sait que les matières combustibles hydrogénées sont fixées avec beaucoup de force par les corps poreux ; on sait également que l'oxygène intervenant, ces matières hydrogénées sont brûlées d'une façon continue, et peuvent ainsi être transformées en produits qui peuvent avoir une grande importance pour les végétaux. Sous cette influence, l'hydrogène carboné est converti en eau et en acide carbonique, qui sont si utiles aux plantes ; l'ammoniaque peut être transformée en acide nitrique qui, aussitôt sa formation, rencontrant dans nos engrais ces phosphates de chaux et de magnésie insolubles si nécessaires à nos céréales, favorise ainsi leur dissolution et par suite leur absorption.

Si cette manière de voir est admise, on concevra comment l'union des matières azotées et des phosphates terreux est si avantageuse, et on ne pourra s'empêcher *a priori* d'être frappé de cette remarque, que ces deux ordres de corps constituent, par les mélanges, une des parties importantes des engrais riches ; et je pense qu'il sera toujours utile, lorsqu'on voudra déterminer le titre d'un engrais, de fixer, comme l'ont fait MM. Boussingault et Payen, la quantité d'azote qu'il contient, et d'y joindre la proportion de phosphates et de sels alcalins qu'il peut fournir.

Avant d'aller plus loin, admirons la puissance de cette merveilleuse propriété de la matière, la porosité, qui intervient silencieusement d'une façon énergique dans une foule de phénomènes de la nature,

propriété dont on était loin de soupçonner l'importance avant les travaux de M. de Saussure sur l'absorption des gaz par les corps poreux, avant la découverte de Doebernier sur l'éponge de platine, avant les recherches de MM. Thénard et Dulong sur cet objet.

De la porosité, communiquée par les engrais aux terres cultivées, résulte encore une propriété de la plus haute importance, sur laquelle nous reviendrons bientôt, c'est que cette perméabilité donne à l'air la facilité de se renouveler continuellement autour des racines des plantes, et permet ainsi une absorption continuelle des principes qui le composent.

De la fixation de l'azote dans les végétaux. — On admettra, j'espère, avec moi, que les engrais sont utiles par la porosité qu'ils communiquent aux terres cultivées, par les sels qu'ils fournissent au plantes alimentaires; mais il me sera plus difficile de faire partager par tous mes doutes sur ce point fondamental, qu'ils fournissent directement aux céréales l'azote qui entre dans leur composition.

On sait en effet que dans les terres richement fumées le froment contient plus de gluten que dans les terres maigres. Ce fait semble péremptoire, et on paraît bien fondé à dire que c'est l'engrais qui intervient et qui fournit *les matériaux azotés* destinés à former le gluten (1). Mais ne pourrait-on pas dire aussi que dans les terres bien fumées les racines végètent dans un milieu humide, incessamment accessible à l'air, qui leur donne en abondance les éléments nécessaires aux merveilleuses combinaisons qui s'effectuent dans

(1) Le fait que je viens de citer perdra beaucoup de sa valeur si on veut bien se rappeler : 1° que les blés d'Afrique, qui pour l'ordinaire viennent sans l'intervention d'engrais, sont très-riches en gluten; 2° que dans certaines localités privilégiées, on récolte dans le même champ de riches récoltes de blé, sans avoir, de temps immémorial, eu recours aux engrais. Là il est très-naturel d'admettre que l'azote vient de l'atmosphère.

les plantes, et que si dans une terre mal fumée les racines se développent mal, c'est qu'elles n'ont avec l'air que des rapports beaucoup plus difficiles? Examinons si tous les matériaux azotés des plantes leur sont fournis par les engrais. Serait-ce sous forme de produits organiques, comme le voulait M. de Saussure? Mais les expériences directes ont toujours prouvé que les plantes végétaient mieux dans l'eau pure que dans les solutions de ces principes [1].

Pourquoi ne pas admettre que c'est l'azote qui, en dissolution dans l'eau, est absorbé par les spongioles et participe, comme l'acide carbonique, aux phénomènes de la production des principes immédiats formés dans les organes des plantes sous l'influence de la lumière solaire? L'azote se rencontre partout en une abondance pour ainsi dire infinie; ses propriétés négatives le rendent très-précieux, car il n'altère pas les jeunes tissus délicats des végétaux.

Il est absorbé en abondance par les racines, car l'eau qui les baigne et que les spongioles pompent en est imprégnée, et aucune expérience directe n'est

[1] Aujourd'hui on me répondra sans hésiter que les engrais cèdent aux plantes des sels ammoniacaux, qui sont transformés par elles en produits organiques azotés, albumine, gluten, etc. Sans doute les expériences de M. Schattenmann, celles de M. Kulmann, établissent que les sels ammoniacaux répandus sur les prés donnent des récoltes plus abondantes. J'ai répété leurs expériences, et j'ai obtenu les mêmes résultats; mais j'ai étendu ces essais au froment, à l'orge, au maïs, aux haricots et aux pommes de terre, et les sels ammoniacaux n'ont pas contribué à augmenter la masse de produits azotés organiques. Les sels ammoniacaux n'agiraient-ils, lorsqu'ils sont répandus sur les prés, que comme de simples excitants? Toujours est-il que, même au point de vue théorique, pour que l'on admette que les sels ammoniacaux sont transformés par les plantes en produits organiques azotés, de nouvelles expériences me semblent nécessaires.

venue montrer que les plantes en exhalent continuellement. Comme les autres gaz qui composent notre atmosphère, il est aussi absorbé par les feuilles, et pourquoi n'entrerait-il pas directement dans le tourbillon de la vie végétale?

Bien des expériences ont été tentées pour prouver la fixation ou la non-fixation de l'azote dans les végétaux. Nous allons rapidement examiner les principales.

Priestley a annoncé (*Exper. and observ. on diff. Kinds of airs*, vol. III, p. 332) que plusieurs plantes avaient la propriété d'absorber le gaz azote dans lequel elles végétaient; il a vu qu'une plante d'*epilolium hirsutum*, placée dans un récipient de 10 pouces de haut et d'un pouce de large, avait absorbé au bout d'un mois les 7/8 de l'air atmosphérique qu'il contenait.

Ingenhoutz (*Exp. sur les végétaux*, vol. II, p. 146) a publié que toutes les plantes qui végétaient dans le gaz azote lui faisaient subir une diminution sensible dans un petit nombre d'heures; d'une autre part, M. Th. de Saussure a suivi (*Recherches chimiques sur la végétation*, page 206) avec beaucoup de soin la végétation de l'*epilolium hirsutum*, soit dans l'air, soit dans le gaz azote, en employant les procédés indiqués par Priestley pour cette expérience, et en la prolongeant beaucoup plus; mais il n'a aperçu aucune diminution dans le gaz azote après la soustraction du gaz oxygène qui s'y était formé. Il en a été de même pour tous les végétaux soumis aux mêmes épreuves. M. Th. de Saussure conclut de là que les plantes ne condensent point sensiblement le gaz azote, et il ajoute que les expérience de Seunebier et de Woodhouse confirment cette assertion.

Les expériences que nous venons de citer sont loin d'être concluantes, car le procédé employé comporte beaucoup de chances d'erreurs.

Il consiste à planter le végétal dans un pot plein de

terre végétale, à submerger ce pot et l'origine de la tige dans l'eau au-dessous de la tablette de la cuve, et à couvrir le reste de la plante avec un récipient pein d'air; elle se développe vite, et pour cette raison M. de Saussure a été obligé de renouveler la plante à plusieurs reprises, et il a prolongé l'expérience *beaucoup plus d'un mois*. On comprend sans peine qu'en opérant ainsi sous l'eau (et l'expérience n'est pas possible sous le mercure, car les plantes périssent sous l'influence des vapeurs mercurielles), l'air extérieur a dû se mêler continuellement avec l'air de la cloche, tant par l'intermédiaire de l'eau que le long de la tige. Des expériences ainsi dirigées sont radicalement insuffisantes et ne prouvent absolument rien.

M. Boussingault a suivi une autre voie (*Annales de chimie et de physique*, tom. LXVII et LXIX); il a reconnu, au moyen de l'analyse organique, que les plantes en pleine végétation empruntaient toujours du carbone à l'acide carbonique, de l'hydrogène à l'eau, et souvent de l'azote à l'air.

Ses expériences sur la fixation de l'azote pendant la végétation des légumineuses sont décisives, quoique les végétaux sur lesquels il opérait fussent placés dans les circonstances les plus défavorables pour que l'air pût circuler autour des racines humides. Celles sur le développement du topinambour établissent également de la façon la moins équivoque la fixation de l'azote atmosphérique par cette plante utile.

Dans mon Mémoire sur le développement des plantes dont les racines plongent dans l'eau, j'ai rapporté des expériences qui établissent l'utilité de l'intervention continuelle de l'air autour des racines des plantes, qui ne peut être suppléé par aucune espèce d'aliment organique dissous; j'ai réuni les faits pratiques qui montrent que dans les prés, dans les champs, dans les vignes, dans les bois qui sont habituellement submergés, les plantes ne pouvant avoir leurs racines continuellement aérées, les produits uti-

les diminuent avec une étonnante rapidité. J'institue dans ce moment des expériences ayant pour but de peser la quantité d'azote que certaines plantes à développement rapide empruntent à l'atmosphère, et j'espère établir que si les engrais sont si utiles aux plantes pour favoriser le développement des produits azotés qu'elles contiennent, c'est moins parce qu'ils leur fournissent directement des matériaux azotés, sels ammoniacaux, produits organiques azotés, que parce qu'ils favorisent, autour des racines humides des plantes, la circulation continuelle de l'air.

Pour résumer cette partie de mon travail, voici, selon moi, le rôle qu'on doit attribuer aux engrais :

Résumé.

1° Ils communiquent aux terres arables la porosité d'où dérivent de précieuses propriétés. Les substances nuisibles restent fixées dans ces terrains et ne sont pas absorbées par les plantes. Les spongioles des végétaux croissant dans une terre bien fumée peuvent fixer et absorber les oxydes et les sels qui conviennent plus spécialement à chaque plante, et cela en vertu de propriétés physiques, qui simulent un discernement véritable.

2° Les engrais azotés, par leur décomposition continuelle, donnent à la terre une précieuse perméabilité; ils font que l'air peut continuellement circuler autour des racines humides des plantes, qui absorbent alors, par les spongioles, de l'eau chargée d'azote et d'acide carbonique, gaz qui interviennent si utilement dans les phénomènes de la vie végétale.

3° Les engrais contiennent des phosphates de chaux, de magnésie, de potasse, des sels alcalins, etc., que les plantes cultivées ne trouveraient pas en quantité suffisante dans le sol; par l'oxydation des matières azotées des engrais, il se forme de l'acide azotique qui facilite la dissolution et l'absorption du phosphate de chaux

et du phosphate de magnésie, qui accompagnent toujours les matériaux azotés de nos plantes alimentaires. Le caractère essentiel d'un engrais riche, c'est la réunion des phosphates terreux et alcalins, et de matières azotées ou ammoniacales qui, par une oxydation lente, peuvent se transformer en acide azotique.

NOTE SUR L'EMPLOI DES ENGRAIS.

Si les vues que j'ai exposées dans le Mémoire précédent sont exactes, en examinant les questions les plus importantes qui se rapportent à l'emploi des engrais, on en constatera la justesse. Je vais me borner ici à traiter de l'emploi des matières des vidanges et des autres engrais, selon la nature des terrains.

De l'emploi des engrais, selon la nature des terrains.

Soit qu'on admette que les parties fondamentales des engrais dépendent de la proportion relative d'azote, soit qu'on admette qu'un engrais riche résulte de l'association en de convenables proportions de phosphates terreux et de matière azotée, toujours est-il que les engrais les plus riches théoriquement ne seront pas les plus favorables dans toutes les circonstances. Une remarque consignée dans les travaux de M. Payen va nous servir de point de départ.

Les applications nombreuses des noirs résidus des raffineries ont montré que la matière organique réunie au charbon, substance poreuse et désinfectante, *agissait six fois plus* qu'employée seule.

On comprendra alors sans peine que plus on rapprochera la matière organique de l'engrais des conditions dans lesquelles elle se trouve dans les noirs résidus des raffineries, plus on se rapprochera d'une application parfaite. Citons quelques exemples. Les engrais liquides, tel que l'engrais flamand, sont employés avec le plus grand succès, dans les pays de riche culture, en arrosage dans les champs; on les a utilisés ailleurs dans les prés de bonne qualité, dans

les anciennes chenevières : pourquoi cela ? parce qu'ils sont appliqués immédiatement sur une terre ameublie, déjà convenablement poreuse, qui condense et retient les sels et les matières azotées en dissolution, et les place dans des conditions semblables à celles qui se rencontrent dans le noir des raffineries.

Applique-t-on cet engrais liquide sur des terres maigres, compactes, non poreuses ? s'il est en quantité élevée, il empoisonne les plantes; s'il est en proportion plus modérée, les eaux pluviales l'auront bientôt entraîné, et il ne produira aucun effet utile.

Le fumier de ferme, quoique infiniment moins riche que beaucoup d'autres engrais, convient davantage dans les pays pauvres, que des engrais plus concentrés ; par les matières inertes qu'il contient, il ameublit la terre ; par son association avec le sol, il constitue un mélange poreux qui est si favorable aux plantes. Si ce fumier n'est pas ménagé ; si pendant plusieurs années il est répandu en abondance sur le même champ, on se rapprochera de plus en plus de la condition des pays à riche culture. C'est ainsi qu'avec du temps on obtient un terrain poreux, où les matières utiles, en végétant, peuvent être condensées pour être successivement offertes aux racines des plantes, et où l'air peut convenablement circuler autour des racines humides ([1]).

De l'emploi des matières de vidange en agriculture.

Si, guidés par les principes précédemment exposés, nous recherchons maintenant comment on doit employer la matière des vidanges de la façon la plus pro-

([1]) Dans quelques circonstances, rares il est vrai, la terre, chargée depuis de longues années de détritus de végétaux, devient trop poreuse; elle se dessèche avec une grande facilité, et les plantes, n'ayant plus leurs spongioles constamment humides, souffrent ou périssent. L'écobuage remédie à cet inconvénient.

fitable dans diverses conditions dépendant de la nature des terrains, nous verrons :

Que, dans tous les cas, rien ne serait plus convenable que leur emploi sous forme d'*engrais animalisé* ce qui a été déjà exécuté. Si on pouvait se procurer, à des prix modérés, des schistes légers qui, par la calcination, auraient des propriétés absorbantes considérables, on aurait atteint du premier coup la solution complète de ce problème difficile; en effet, désinfection immédiate, condensation des matières salines et azotées dans une matière poreuse, qui rendrait leur utilisation graduée possible. Malheureusement, ce n'est que dans des circonstances exceptionnelles qu'on pourra se procurer à un bas prix ce noir de schiste calciné, très-poreux.

L'emploi immédiat des matières à vidanges, sans aucune autre préparation que leur désinfection à l'aide du sulfate de fer en quantité suffisante, est pratiqué dans plusieurs localités avec beaucoup d'avantage. Ainsi, s'agit-il de fumer des chenevières dont le sol est très-poreux, et seulement épuisé par des récoltes successives de ce même végétal? si on y mêle, sans aucune préparation, les matières des vidanges désinfectées; si la quantité n'en est pas trop élevée, les sels et les matières organiques sont fixés et condensés par ce sol profond et bien préparé, et on peut espérer un bon profit. C'est encore un excellent emploi.

L'engrais flamand est un mode d'utilisation immédiate, avantageux, des matières des vidanges.

Si on veut appliquer les matières des vidanges dans des terres de médiocre qualité, il conviendra de les convertir en un engrais se rapprochant pour sa composition du fumier de ferme.

On y arrivera en les mélangeant, après désinfection à l'aide du sulfate de fer ou du chlorure de manganèse, avec des matières végétales diverses, telles que feuilles, menue paille, fougère, genêt, ajonc, avec de la tourbe, des terres calcinées poreuses, des résidus

charbonneux de four à charbon, ou à chaux, des cendres des grandes villes.

Ces divers mélanges ont été employés, à ma connaissance, avec le plus grand succès ; on obtient ainsi de très-belles récoltes dans des terres médiocres. Si on pouvait utiliser ainsi toutes les matières excrémentitielles des hommes, la récolte des céréales augmenterait bien vite en France dans une proportion considérable. La chose serait très-facile si le gouvernement levait les entraves qui pèsent sur l'emploi immédiat des matières à vidanges désinfectées ; si les conseils municipaux organisaient dans les grandes villes le service des vidanges de façon que chaque agriculteur pût se procurer, pour un prix raisonnable, ce précieux engrais ; si les comices et les sociétés d'agriculture accordaient à cette question tout l'intérêt qu'elle mérite.

On verrait bientôt disparaître cette fabrication barbare de la poudrette qui infecte nos villes, et qui a pour résultat, comme l'a dit Schwerz, de réduire à la capacité d'une tabatière un tombereau du meilleur fumier.

On apprendrait ainsi aux habitants des campagnes à comprendre mieux l'utilité pour l'agriculture des déjections alvines, et l'on verrait, comme en Chine, les invalides et les enfants les rassembler avec le plus grand soin et les déposer près des plantes en proportion convenable.

SUR LA MALADIE

DES POMMES DE TERRE

ET SUR LES MOYENS

DE TIRER PARTI DE CELLES QUI SONT ALTÉRÉES,

Mémoire présenté à l'Académie des sciences dans sa séance du 15 septembre 1845.

Plusieurs savants se sont occupés de la maladie des pommes de terre, mais le sujet est si important que je ne crains point d'adresser à l'Académie le résultat de mes observations et de mes expériences sur cet objet.

Essayons d'abord de déterminer la cause du mal et d'en rechercher la nature.

Tout ce que j'ai vu sur les lieux, tous les renseignements que j'ai recueillis concourent à prouver que, comme M. Payen l'admet, la maladie a commencé par les tiges et par les feuilles, et que les tubercules n'ont été atteints que postérieurement. J'ai arraché un assez grand nombre de pieds de pommes de terre dans un champ qui était très-inégalement frappé. Quand la tige aérienne était encore vivante, toutes les pommes de terre étaient bonnes ; quand la tige était morte, on avait chance d'y trouver des pommes de terre altérées ; rarement toutes étaient attaquées, et c'étaient surtout celles qui se trouvaient les plus rapprochées de la surface de la terre qui l'étaient. Toujours l'altération des tubercules avançait de la périphérie vers le centre. On peut distinguer deux phases distinctes d'altération. 1re *phase* : tubercules intacts ; couleur brunâtre apparaissant par plaques irrégulières, assez fréquemment bornées à la

partie corticale, s'irradiant irrégulièrement vers le centre. Des tranches très-minces des parties altérées observées sous le microscope montrent des grains de fécule intacts entourés d'un liquide très-légèrement coloré, contenant des particules plus colorées que le liquide, extrêmement ténues, de forme irrégulière, qui nagent dans le liquide. 2ᵉ *phase* : tubercules envahis par des cryptogames divers et par des animalcules microscopiques. La pellicule brune de la pomme de terre est fissurée, l'altération a pénétré plus profondément, la masse est spongieuse. C'est alors qu'on remarque des cellules où les grains de fécule sont beaucoup plus rares, ou ont même disparu, comme l'ont vu MM. Payen et Rayer ; la saveur est très-désagréable, laissant une sensation de sucre.

Cette altération est secondaire : la vie ayant abandonné les parties les plus extérieures du tubercule, elles sont immédiatement attaquées par cette génération équivoque qui pullule dans les matières organisées que la vie a abandonnées, et qui sont dans des conditions favorables d'humidité et de chaleur.

Ainsi l'opinion de M. Decaisne, qui consiste à voir le mal initial non dans un développement de cryptogames, mais dans la formation d'une matière brune, me paraît exacte.

L'altération primitive, caractérisée par la présence de cette matière brune, de quoi dépend-elle ? Il me semble qu'on peut légitimement l'attribuer à une modification spontanée éprouvée par la matière albumineuse de la pomme de terre, qui, comme on le sait, est très-altérable sous l'influence de l'oxygène de l'air. Si on déchire des cellules d'une pomme de terre saine dans une atmosphère d'acide carbonique, la matière albumineuse ne se colore pas. Si l'oxygène intervient, elle prend la teinte fauve de la pomme de terre altérée. Si on écrase les cellules d'une pomme de terre malade dans une atmosphère d'acide carbonique, la coloration brune est alors primitive.



Le suc de la pomme de terre saine exprimé rapidement est peu coloré ; celui de la pomme de terre malade l'est beaucoup plus ; mais celui de la pomme de terre saine finit par prendre la même teinte que celui de la pomme de terre malade. La densité du suc de cette dernière est de 1,021 à la temperature de 15° ; il rougit faiblement le tournesol. Celui de la pomme de terre saine est de 1,019 à la même température ; il rougit plus fortement le papier de tournesol. Les deux sucs exposés à 100° se coagulèrent, et le coagulum avait dans les deux cas une couleur gris brunâtre ; ils furent décolorés par le noir animal ; examiné à l'appareil de polarisation dans un tube de 103^{m}, le suc des tubercules sains indiqua à peine une rotation de + 1°. Vu dans le même tube, le suc des pommes de terre malades me donna + 3°. On peut penser d'après cela que, sous l'influence de cette matière albuminoïde altérée, une portion des grains de fécule ont été désagrégés. Cette présomption prend de la force par l'observation suivante : si on met des tranches de pommes de terre altérées dans de la gelée d'amidon, après quelques heures elle est presque complétement fluidifiée.

Si nous cherchons à nous rendre compte de la coloration de la matière albuminoïde des pommes de terre, nous sommes naturellement conduits à penser que les cellules atteintes ont été frappées de mort. Ces parties éprouvent alors toutes les altérations qu'on remarque sur les tubercules qui ont été privés de vie soit par la gelée, soit par une autre cause ; mais ce qui est remarquable ici, c'est cette limitation d'effets, c'est cette mortification qui n'est que superficielle et qui n'atteint pas les cellules les plus profondes.

Quelle est la cause de cette mort partielle qui, partant de la tige, a gagné au hasard, pour ainsi dire, la superficie de quelques-uns des tubercules ? Voici ce que l'observation nous apprend à cet égard. Dans les mêmes localités, l'invasion a été subite et générale.

Ainsi, d'après plusieurs renseignements que j'ai recueillis aux environs de Paris, d'après ceux qui m'ont été transmis par M. A. Petit, les tiges ont été frappées dans la journée et dans la nuit du 9 et du 10 août. Les cultivateurs ont remarqué, le matin du 10 août, un brouillard très-froid, puis les tiges de la pomme de terre se sont recouvertes de taches brunes qui ont bientôt tout envahi. Les observations météorologiques recueillies à l'Observatoire de Paris accusent pour ce jour des *maxima* et *minima* de température assez différents, + 18,4 et + 10,0. Il me semble qu'un brouillard froid, qu'un changement brusque de température, suffisent pour expliquer cette mort partielle qui a frappé les tiges et qui s'est étendue à la superficie de quelques-uns des tubercules. On se rend bien compte de tous les faits observés, en adoptant cette manière de voir. Ainsi, les pommes de terre hâtives, qui avaient été plantées de bonne heure et qui avaient achevé toutes les phases de leur végétation, ont été épargnées, car elles n'avaient plus besoin du secours des tiges, et le tissu plus compact des tubercules a été moins impressionné. Toutes les variétés qui étaient à la même époque de végétation me paraissent, d'après ce que j'ai vu, avoir été uniformément atteintes; je n'ai pas remarqué d'immunité à cet égard. Cette opinion est beaucoup plus rassurante pour l'avenir que celle d'une invasion d'une végétation cryptogamique dont les spores pourraient se conserver et envahir les récoltes futures. Je pense que les pomme de terre fortement atteintes ne se reproduiront plus, comme celles qui ont été tuées par la gelée. Le mal est grand, mais au moins il est borné.

Cherchons maintenant le meilleur parti qu'on pourra tirer de ces pommes de terre altérées.

Disons, avant d'aller plus loin, qu'il nous paraît indispensable de prendre un parti immédiat. En effet, dès qu'un organe est partiellement altéré, si on attend,



il y a chance pour que le mal augmente, et souvent très-vite, surtout lorsqu'on a des auxiliaires tels que ces myriades d'êtres microscopiques dont nous avons déjà parlé.

Il est indispensable d'arracher immédiatement toutes les pommes de terre dont les tiges ont été frappées du mal ; en attendant on ne gagnerait rien et on perdrait beaucoup.

Il faut utiliser le plus promptement possible les tubercules altérés : comment doit-on le faire ?

Les animaux peuvent-ils en manger tels quels ? On en a donné à des porcs ; j'en ai fait prendre à des lapins, et cela sans que leur santé ait été dérangée ; mais c'est une mauvaise ressource. Les animaux les mangent avec répugnance, en perdent par conséquent beaucoup, cela ne leur profite guère ; et puis, si l'altération se propage de la périphérie au centre, on peut craindre que dans quelques semaines on ne puisse plus rien en faire.

Si je crois que ces pommes de terre altérées profiteront peu aux animaux, à plus forte raison les hommes n'en tireront aucun parti pour leur nourriture, si on ne leur fait pas subir une préparation simple et efficace, qui les convertisse en aliments de bon goût. On avait proposé d'en extraire immédiatement la fécule : mais cette opération, comme M. Payen l'a montré, n'est pas aussi fructueuse qu'on le pensait. Si on veut le faire avec profit, il faut être à même, comme il l'a dit, de saccharifier les résidus et de les employer pour la distillation.

C'est une opération qui sera bonne dans les grands centres manufacturiers, à condition qu'elle sera *promptement exécutée* ; mais les pauvres habitants des villages éloignés des fabriques, que doivent-ils faire de leurs pommes de terre altérées ? C'est à résoudre convenablement ce problème que je me suis appliqué.

Si l'altération dépend d'une modification éprouvée

par la matière albuminoïde, il suffira d'enlever cette matière pour laisser les cellules intactes ainsi que la fécule. Dans un Mémoire imprimé dans les comptes-rendus de 1842, 1er semestre, p. 962, j'ai démontré que de l'eau contenant 1 ou 2 millièmes d'acide chlorhydrique ou d'un autre acide jouissait de la propriété de dissoudre le gluten et les matières albumineuses, et de les préserver d'une prompte altération; pour atteindre le but que je me proposais, j'ai donc employé immédiatement une pareille dissolution. Les pommes de terre altérées, après avoir été lavées et pelées, ont été coupées en tranches de 5 millimètres environ, on les jetait dans de l'eau contenant, pour un litre, 3 grammes d'acide chlorhydrique. J'ai laissé les tranches de pommes de terre dans ce liquide pendant trente heures; j'ai soutiré l'eau acidulée, je l'ai remplacée par de l'eau pure que, dans l'espace de douze heures, j'ai renouvelée à trois reprises. J'ai desséché sur des claies au soleil ces morceaux de pommes de terre, et je les ai obtenus avec une couleur blanche, une saveur franche, et propres à être ainsi conservés indéfiniment et employés à tous les usages. La main-d'œuvre sera, pour ainsi dire, la seule dépense, car pour dix centimes d'acide chlorhydrique on pourra conserver cent kilogrammes de pommes de terre. L'expérience apprendra s'il convient d'enlever, en pelant les pommes de terre, les parties altérées, ou si on peut les laisser. Quand on s'arrête à ce dernier parti, quoi qu'on fasse, les parois des cellules envahies par ce liquide fauve restent teintes d'une couleur brunâtre qui rend le produit d'un aspect moins agréable.

M. Liebig a indiqué, il y a quelques années, l'emploi de l'acide sulfurique pour conserver les pommes de terre; il s'est arrêté à une proportion d'acide dix fois plus considérable que celle que j'ai employée. Ce sera encore à l'expérience à prononcer sur la proportion d'acide rigoureusement nécessaire. En employant celle

donnée par M. Liebig, on évite sûrement de voir les fragments de pommes de terre noircir partiellement en se desséchant.

Résumé et déductions pratiques.

La maladie primitive des pommes de terre a été déterminée par la mort des tiges qui s'est étendue à la périphérie des tubercules. Cet accident a été causé par un changement brusque de température accompagné d'un brouillard très-froid ; dans les environs de Paris, c'est dans la journée du 9 au 10 août que les pommes de terre ont été atteintes.

Cette mort partielle a été suivie par une altération spontanée de la matière albuminoïde, qui a donné aux parties envahies cette couleur fauve caractéristique qu'on remarque sur les tubercules qui ont été privés de vie soit par la gelée, soit par une autre cause.

Cette opinion étant admise, on n'a pas à craindre de voir le mal s'étendre à d'autres récoltes.

Il faut arracher immédiatement les pommes de terre dont les tiges sont mortes, et utiliser le plus promptement possible les tubercules altérés.

On peut le faire en pelant et coupant par tranches les pommes de terre altérées, et en enlevant la matière fauve par une macération de 36 heures dans de l'eau contenant 3 millièmes d'acide chlorhydrique, et en desséchant au soleil. On obtient ainsi des tranches de pommes de terre qui peuvent se conserver indéfiniment et être employées à tous les usages économiques.

SUR L'ACTION

DES SELS AMMONIACAUX

SUR LA RÉCOLTE DES POMMES DE TERRE,

SUIVI D'UNE OBSERVATION SUR L'INFLUENCE DE LA TEMPÉRATURE SUR LE DÉVELOPPEMENT DES TUBERCULES.

J'ai fait un grand nombre d'expériences ayant pour but d'apprécier les effets des sels ammoniacaux sur les plantes utiles, j'espère être bientôt en mesure de les communiquer à l'Académie. En attendant, je vais en extraire ce qui est relatif à la pomme de terre.

Dans deux caisses contenant la même quantité de terre et soumises à la même exposition, j'ai planté des pommes de terre égales en poids, j'en ai mis dans chaque caisse de deux variétés différentes (jaune, vitelotte). J'ai arrosé une de ces caisses exclusivement avec de l'eau pure, l'autre a été arrosée chaque semaine avec une dissolution de 1/100 de chlorhydrate d'ammoniaque.

Je n'ai remarqué aucune différence dans la force de la végétation dans les deux caisses, et quand l'époque de la récolte est venue, la quantité des tubercules fournis par les deux pieds de la variété jaune était à très-peu de chose près égale en poids. L'influence du chlorhydrate d'ammoniaque a donc été nulle.

Les deux pieds de vitelotte n'ont donné aucun tubercule, ils se sont développés uniquement et outre mesure en tiges et en feuilles. Si j'avais opéré seulement avec de la dissolution de sel ammoniac, j'aurais

pu être trompé et attribuer à cette dissolution l'absence des tubercules ; mais les choses se passèrent exactement de même avec l'eau et avec la dissolution de sel ammoniac. Je ne puis attribuer cette absence de développement de tubercules qu'à la température plus élevée de la terre contenue dans des caisses exposées au midi. Cette observation est remarquable, parce qu'on voit deux variétés de pommes de terre se conduire si différemment, quoique soumises exactement aux mêmes influences : ainsi l'une a fourni des tubercules comme de coutume, l'autre n'en a pas donné du tout.

TABLE

DES MATIÈRES.



